
CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA



EVOLUCIÓN DEL EMISOR DE LAS CINTAS DE RIEGO POR GOTEO

CASO DE ESTUDIO

**PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
GRADO DE:**

ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA APLICADA

OPCIÓN TERMINAL EN AGROPLASTICULTURA

PRESENTADO POR

ING. ALEJANDRO JOSÉ BUSTAMANTE DÁVILA



CENTRO DE INFORMACIÓN

Saltillo, Coahuila

Diciembre 2005

11 ENE 2006

RECIBIDO

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA



HACE CONSTAR QUE EL CASO DE ESTUDIO TITULADO

EVOLUCIÓN DEL EMISOR DE LAS CINTAS DE RIEGO POR GOTEO

PRESENTADO POR

ING. ALEJANDRO JOSÉ BUSTAMANTE DÁVILA

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA APLICADA

OPCIÓN TERMINAL EN AGROPLASTICULTURA

Ha sido dirigida por:

Dr. Juan P. Manguía López

Saltillo, Coahuila

Diciembre 2005

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA



**A TRAVÉS DEL JURADO EXAMINADOR HACE CONSTAR QUE EL
CASO DE ESTUDIO TITULADO**

EVOLUCIÓN DEL EMISOR DE LAS CINTAS DE RIEGO POR GOTEO

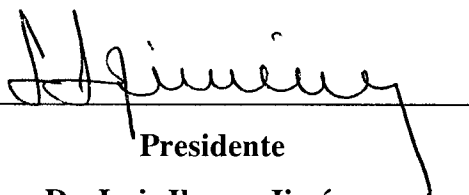
QUE PRESENTA

ING. ALEJANDRO JOSÉ BUSTAMANTE DÁVILA

**HA SIDO ACEPTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO DE:**

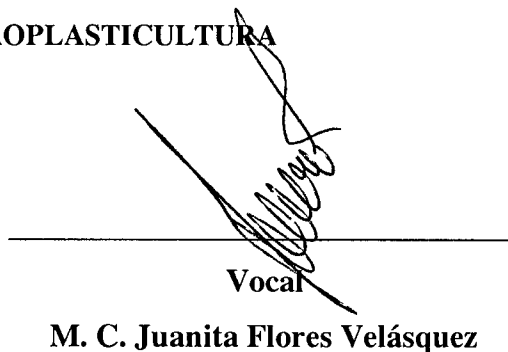
ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA APLICADA

OPCIÓN TERMINAL EN AGROPLASTICULTURA



Presidente

Dr. Luis Ibarra Jiménez



Vocal

M. C. Juanita Flores Velásquez

Saltillo, Coahuila

Diciembre 2005

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pag.
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iii
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Cintas de Riego de Primera Generación.....	4
Generalidades	4
Diseños Aportados	4
Cintas de Riego de Segunda Generación.....	13
Generalidades	13
Diseños Aportados	13
Cintas de Riego de Tercera Generación.....	28
Generalidades	28
Diseños Aportados	28
Cintas de Riego de Cuarta Generación.....	41
Generalidades	41
Diseños Aportados	41
Cintas de Riego de Quinta Generación.....	48
Generalidades	48
Diseños Aportados	48
<i>Mejoras para el manejo más eficiente de las cintas de riego por goteo.....</i>	54
Método para Unir Cintas de Riego por Goteo Utilizando Medios de Unión Internos a las Mangueras.....	54
Cintas de Riego por Goteo con Simbología para Identificación.....	56
Método y Aparato para Unir Cintas de Riego por Goteo.....	57
<i>Mejoras para Evitar Malfuncionamiento de las Cintas de Riego por Goteo.....</i>	58

	Pag.
Taponamiento de Emisores por Intrusión Radicular.....	58
Obstrucción de Pasajes de Flujo por Crecimientos Biológicos.....	59
Protección Contra Condiciones Ambientales Duras.....	60
ESTADO DEL ARTE.....	62
ÁREAS DE OPORTUNIDAD.....	64
CONCLUSIONES.....	66
RECOMENDACIONES.....	66
REFERENCIAS.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
Fig. 1. Cinta para regar el suelo. Chapin, 1968.	4
Fig. 2. Cinta de riego de primera generación conformada por una tubería interna y un tubo exterior. Allport, 1973.	5
Fig. 3. Cinta de riego formada por extrusión de un polímero flexible. Mock, 1975.	6
Fig. 4. Cinta de riego con control de flujo por medio de una solapa que produce resistencia en respuesta a la presión del agua dentro de la cinta. Tiedt, 1977.	6
Fig. 5. Dispositivo emisor compensador de presión. Mullet y Brock, 1997.	7
Fig. 6. Cinta de riego por goteo con una manguera helicoidal. Gilead, 1975.	8
Fig. 7. Cinta de riego por goteo con pasaje irregular. Gilead, 1977.	9
Fig. 8. Cinta de riego por goteo con dos capas de PVC. Gilead, 1978.	9
Fig. 9. Cinta de riego por goteo con tres capas de material. Gilead, 1980.	10
Fig. 10. Cinta de riego por goteo de primera generación. Menzel, 1981.	10
Fig. 11. Emisor de riego por goteo. Gorney y Dinur, 1981.	11
Fig. 12. Cinta de riego por goteo multicámara con posibilidad de varias configuraciones de doblez. Delmer y Delmer, 1985.	12
Fig. 13. Cinta para riego por goteo con canal en capas superpuestas. Leal-Diaz, 1977.	13
Fig. 14. Cinta para riego por goteo con patrón levantado. Gilead y Gilad, 1983.	14
Fig. 15. Cinta para riego por goteo con una porción extruida cerrada. Gilead, 1989.	14
Fig. 16. Cinta para riego por goteo con pasaje gravado en relieve. Gilead, 1992.	15
Fig. 17. Maquinaria para fabricar tubería para riego por goteo. Roberts y Mominee, 1988.	16
Fig. 18. Cinta de riego por goteo de segunda generación. Roberts, 1989.	17
Fig. 19. Cinta de riego por goteo de segunda generación. Roberts, 1993.	18
Fig. 20. Cinta de riego por goteo. Roberts, 1994.	19

	Pag.
Fig. 21. Tambores formadores de canal en una maquinaria para fabricar una cinta de riego por goteo. Roberts, 1994.	20
Fig. 22. Cinta de riego por goteo con una porción de espesor reducido. Roberts, 1994.	21
Fig. 23. Maquinaria para fabricar una cinta de riego por goteo, sellada por calor o ultrasónicamente. Roberts, 1995.	22
Fig. 24. Cinta de riego por goteo. Roberts, 1997.	23
Fig. 25. Cinta de riego por goteo. Roberts, 1998.	23
Fig. 26. Cinta de riego por goteo con elementos de emisión gravados en relieve. Domitrescu y McMillen, 1992.	24
Fig. 27. Cinta de riego de flujo constante. Delmer et al., 1997.	26
Fig. 28. Diseño alternativo de una cinta de riego por goteo. Delmer et al., 1998.	27
Fig. 29. Cinta de riego por goteo creada a partir de sellar dos tiras plásticas y creando un pasaje para la caída de presión. Boyle y Osborn, 1969.	28
Fig. 30. Cinta de riego de tercera generación. Allport, 1981.	29
Fig. 31. Cinta de riego por goteo de tercera generación. Chapin, 1984.	30
Fig. 32. Canal formado por el pegamento en una cinta de riego por goteo de tercera generación. Chapin, 1985.	31
Fig. 33. Maquinaria para crear una cinta de riego de tercera generación. Chapin, 1986.	32
Fig. 34. Canal en forma de laberinto formado por el pegamento en una cinta de riego por goteo. Chapin, 1987.	33
Fig. 35. Maquinaria para formar una cinta de riego por goteo de tercera generación con canal el forma de laberinto. Chapín, 1987.	34
Fig. 36. Cinta de riego por goteo de tercera generación con un pasaje regulador de flujo definido en el pegamento de los bordes de la tira. Allport, 1991.	35
Fig. 37. Recorrido de la cinta de riego, donde se perfora y se cambia de dirección. DeFrank et al., 1996.	35

	Pag.
Fig. 38. Maquinaria para la creación de una cinta de riego con pegamento en forma de canal dentado. Las salidas de la cinta son formadas por cortes de navaja en la tira plástica. DeFrank et al., 1996.	36
Fig. 39. Cinta de riego por goteo con dos entradas y dos canales reductores de presión por cada salida. DeFrank et al., 1998.	37
Fig. 40. Cinta de riego por goteo de tercera generación con puntos de entrada y de salida hechos por un corte de navaja. DeFrank et al., 1999.	38
Fig. 41. Maquinaria para la creación de una cinta de riego por goteo con un canal de flujo turbulento conformado por cejas. Las salidas de la cinta son formadas por orificios en la tira plástica. DeFrank et al., 1999.	39
Fig. 42. Cinta de riego con una entrada auto limpiante. DeFrank y Tran, 1999.	39
Fig. 43. Cinta de riego de tercera generación con aperturas de entrada y de salida anti-taponamiento. DeFrank, et al., 2005.	40
Fig. 44. Cinta de riego por goteo de cuarta generación con un canal reductor de presión. Sahagun, 1975.	41
Fig. 45. Cinta de riego por goteo de cuarta generación con una válvula anti taponamiento. Sahagun, 1975.	42
Fig. 46. Cinta de riego por goteo de cuarta generación con canal regulador de flujo laminado en una placa. Robbins, 1984.	43
Fig. 47. Cinta de riego con emisor lineal de flujo turbulento. Langa et al., 1989.	44
Fig. 48. Cinta de riego por goteo de cuarta generación con compensación de presión. DeFrank, 1994.	44
Fig. 49. Canal regulador de flujo con compensación de presión. DeFrank, 1994.	45
Fig. 50. Estación de ensamble de una manguera de riego por goteo de cuarta generación con compensación de presión. DeFrank, 1995.	46
Fig. 51. Laberinto de flujo turbulento de una cinta de riego por goteo de cuarta generación. Meyer et al., 1995.	47
Fig. 52. Cinta de riego de cuarta generación formada con una tira de canal reductor de presión en su interior. Harrold y Bren, 2005.	47
Fig. 53. Cinta de riego con unidades de control de flujo. Brown et al., 1988.	48

	Pag.
Fig. 54. Cinta de riego por goteo de quinta generación con elementos reductores de flujo espaciados a lo largo de su interior. Cohen, 1992.	49
Fig. 55. Cinta de riego por goteo de quinta generación con elementos reductores de flujo sensibles a la presión del agua en el interior de la cinta. Cohen, 1993.	50
Fig. 56. Líneas de riego por goteo con miembros preformados con canales reductores de flujo. Rubenstein y Malkin, 1996.	51
Fig. 57. Emisor con un canal laberíntico que es insertado en una cinta de riego por goteo de quinta generación. Miller, et al., 1997.	52
Fig. 58. Emisor de riego por goteo. Marans, 1998.	53
Fig. 59. Cinta de riego por goteo con elementos emisores espaciados con control de presión. Cohen, 2005.	54
Fig. 60. Par de cintas conectadas con el medio de unión interpuesto internamente a cada una. Daigle y Avenell, 1997.	55
Fig. 61. Par de cintas en empalme y con tres sellos herméticos. Daigle y Avenell, 1997.	55
Fig. 62. Cinta de riego por goteo con diferentes tipos de simbología para identificar sus características. Roberts, 2002.	56
Fig. 63. Adición tubular antes de ser insertada en los extremos de dos cintas de riego por goteo para ser unidas. Roberts y Butler, 2003.	57
Fig. 64. Herramienta para el sellado por calor de un par de cintas de riego por goteo unidas. Roberts y Butler, 2003.	57
Fig. 65. Cinta de riego con polvo de cobre incorporado a su superficie interior. Delmer et al., 1993.	59
Fig. 66. Cinta de riego por goteo con una cámara para almacenar un químico protector del material plástico. DeFrank, 1994.	60
Fig. 67. Diferente arreglo de una cinta de riego con un canal de almacenamiento químico para protegerla de las condiciones ambientales. DeFrank, 1994.	61

INTRODUCCIÓN

En el contexto económico actual, el objetivo de las explotaciones agrícolas es la obtención del máximo rendimiento incluyendo la búsqueda de sistemas de cultivo más racionales y eficaces que los tradicionales. Un adecuado manejo de estos sistemas incide en una plena disponibilidad para que las raíces puedan obtener el agua y los nutrimentos esenciales para un óptimo crecimiento.

El área de riego mundial abarca cerca de 250 millones de hectáreas, equivale al 18% de la tierra cultivada, y produce el 40% de los alimentos. Parece claro, que la agricultura de regadío proveerá el alimento adicional que demanda el planeta en las próximas décadas. Ahora bien, el escenario que se presenta a nivel global es de una sobre explotación de los recursos naturales. La creciente escasez de agua ha llevado a que durante las dos últimas décadas el crecimiento explosivo del riego haya empezado a declinar.

Parece oportuno pensar, que ante el objetivo de aumentar la eficiencia en el uso del agua, la implantación y mejora de un sistema de riego que solo por principio ya la triplica, sea una de las acciones prioritarias a acometer a nivel mundial. Siendo importante centrar esta acción, sobre todo en la voluntad de implementar que los pequeños agricultores tengan acceso al riego tecnificado.

Las demandas actuales por parte del usuario marca los diseños y los volúmenes de fabricación de redes de riego y emisores empleados. Existe una amplísima oferta de cintas y emisores que permiten adaptarse a la demanda de cada usuario, en la actualidad existe una tendencia hacia emisores integrados en la cinta (con el caudal y a la distancia que se necesite) imponiéndose las cintas de menor espesor (cintas de riego, con una duración media de 2 años) en los cultivos hortícolas y cintas de mayor espesor (con una duración media de 10 años) en cítricos y frutales.

Existe en la actualidad una amplísima gama de diseño de emisores capaces de hacer

frente a los requerimientos de cada sistema de cultivo, es cierto que cada vez existe mayor utilización de emisores tecnológicamente más avanzados, autocompensantes (mantienen el mismo caudal de descarga aunque varíe la presión) y antidrenantes (no se vacía la tubería tras la finalización del riego), y con un coeficiente de variación (CV) de manufactura bajo, todo ello motivado por fuertes demandas concretas como son cultivos en hidroponía, superficies con topografía irregular, etc.

Las cintas de riego por goteo se utilizan ampliamente en la producción de hortalizas y frutales. Las ventajas económicas sobre otro tipo de sistemas las han convertido en un producto muy atractivo en los mercados agrícolas tanto en México como en otros países, principalmente en aquellas zonas del mundo donde la disposición de agua de riego es escasa, como es el caso de nuestro país.

El desarrollo tecnológico de las cintas de riego por goteo se inició en los 60's, impulsado por líderes en tecnología de irrigación de: Israel, Estados Unidos, España y los Países Bajos. Los mercados más desarrollados de cinta de riego por goteo se localizan en Israel y Estados Unidos, donde los agricultores ya tienen años implementando las prácticas necesarias para su uso, y el desarrollo de la técnica de fertirrigación le ha dado un mayor impulso. La gran cantidad de patentes mundiales en sistemas de riego por goteo (más de 200, sólo en Estados Unidos), demuestra el dinamismo tecnológico en el diseño y manufactura de cintas y sus emisores.

La manufactura de este tipo de productos en México ha sido limitada en principio por la idea de que los líderes tecnológicos tienen cubierto un amplio espectro de diseños y procesos y existía el temor de infringir patentes, y por otro lado, porque el mercado no se había desarrollado lo suficiente hasta hace un par de años para volverse atractivo, y se satisfacía con productos importados.

En general, los proveedores de cintas de alta tecnología no están dispuestos a licenciar sus patentes. La competencia internacional dificulta la compra de tecnología para la producción de cinta, debido a que el costo de la inversión y el pago de franquicias o licencias

es muy alto, o a que los posibles tecnólogos ofrecen sistemas obsoletos que no permiten a las empresas mexicanas competir con los mercados internacionales.

Existen diversas formas de fabricar la cinta: cintas formadas de una sola tira doblada y sellada, dos o más tiras selladas, 2 tubos uno dentro de otro con o sin una cinta sellada con los emisores. En el mercado compiten tres tipos de sistemas:

- Tubos de pared rígida y goteros discretos
- Cintas de película flexible y goteros discretos
- Cintas de película flexible con un grabado continuo del gotero

El factor determinante del crecimiento del mercado de cintas y tuberías de riego por goteo es el hecho de que se tienen ahorros comprobados de hasta el 60% de agua de riego. Las cintas han aumentado su participación en el mercado, sobre todo en cultivo de hortalizas y viñedos. Tan sólo en California, se estima que se usaron cerca de 300,000 millones de metros lineales de cinta en 1998.

Objetivo

Analizar la evolución del emisor de las cintas de riego, así como poder observar la evolución en cuanto a los diseños hidráulicos de los emisores y analizar hacia donde se dirigen las nuevas tecnologías de cintas de riego.

Analizar la evolución de la creación de emisores de cintas de riego por goteo y observar hacia donde se dirigen los nuevos desarrollos tecnológicos de manufactura de las cintas de riego por goteo.

REVISIÓN DE LITERATURA

Cintas de Riego de Primera Generación

Generalidades

Dentro de esta primera clasificación podemos encontrar a los dispositivos o cintas conductoras y emisoras de agua, por medio de goteo, las cuales se generan a partir de utilizar dos o más capas de película plástica para formar uno o más canales de conducción de agua y/o de reducción de presión para generar el goteo.

Diseños Aportados

Dentro de los inicios del riego por goteo se encuentra un diseño realizado por Chapin (1968) donde se creó un sistema que podía ser adaptado para ser usado en un sistema de distribución de agua para diversas plantas, y ser instalado permanentemente o temporalmente y que no presentaría problemas de degradación debido a causas de microorganismos o de efectos climáticos [Fig.1.].

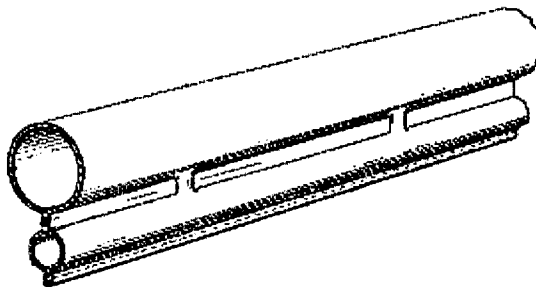


Fig.1. Cinta para regar el suelo. Chapin, 1968.

En su patente se protegió dicho sistema que comprendía un tubo para descarga de agua de riego, y constituido por una tira similar a una lámina de material impermeable al agua, y que se doblaba en si misma a través de una línea longitudinal y tiene los bordes traslapándose longitudinal; contaba con puntos de sello para asegurar los bordes traslapados a través de toda la longitud y para definir un pasaje de flujo longitudinal entre las porciones de borde aseguradas y la línea longitudinal, los sellos aseguraban las porciones de borde traslapadas y definían una serie de pequeñas aperturas de descarga de agua a lo largo de la cinta, y medios para introducir el agua desde una fuente presurizada hacia el pasaje longitudinal de flujo.

Una de las personas que también inició en la creación de cintas de riego de esta generación fue Allport (1973), quien desarrolló un dispositivo mejorado para suministrar agua de riego en cantidades limitadas y controladas a la zona radicular de las plantas [Fig.2.]. El dispositivo estaba constituido por un tubo exterior con salidas espaciadas según los requerimientos del cultivo bajo riego. Una tubería interna que puede ser una membrana osmótica; o de material elástico, con hoyos espaciados; se ajusta dentro del tubo exterior de tal manera que la presión del agua en ella la mantiene en contacto con la pared interior del tubo externo. La superficie entre la tubería interior y el tubo exterior es preferiblemente texturizada con un patrón que proporciona senderos múltiples, continuos y restringidos por los cuales el agua debe fluir de la tubería interior al tubo exterior. Los hoyos en la tubería interior se localizan de tal modo que el agua que pasa del interior de la tubería interna a las salidas en el tubo exterior deba viajar por estos senderos restringidos. Por lo tanto, la forma y el tamaño del texturizado y la distancia que el agua viaja a través de los senderos restringidos proporcionan control del flujo de agua suministrada a las plantas en cantidades limitadas deseadas. Como el control del flujo se obtiene en las áreas restringidas, los hoyos en la tubería interna y las salidas en el tubo exterior pueden ser relativamente grandes y no atascarse. Además, la tubería interna elástica es de tal diseño que cuando se cierra el agua se separará del tubo exterior. Cuando se prende otra vez, una cantidad pequeña de agua fluye hacia dentro de el área texturizada, y mientras aumenta la presión, el agua se expulsa fuera de las salidas en el tubo exterior limpiando consigo cualquier sólido que pueda tender a atascar los senderos restringidos.



Fig. 2. Cinta de riego de primera generación conformada por una tubería interna y un tubo exterior. Allport, 1973.

También Mock (1975) desarrolló una invención donde se describe un conducto de riego que es formado extruyendo un polímero flexible, no poroso en forma de una estructura que tiene un primer y un segundo tubos integrales conectados por una pared en común que separa sus interiores [Fig.3.]. Una primera serie de hoyos se extiende por esta pared para conectar los interiores de los tubos. Una segunda serie de hoyos conecta el interior del

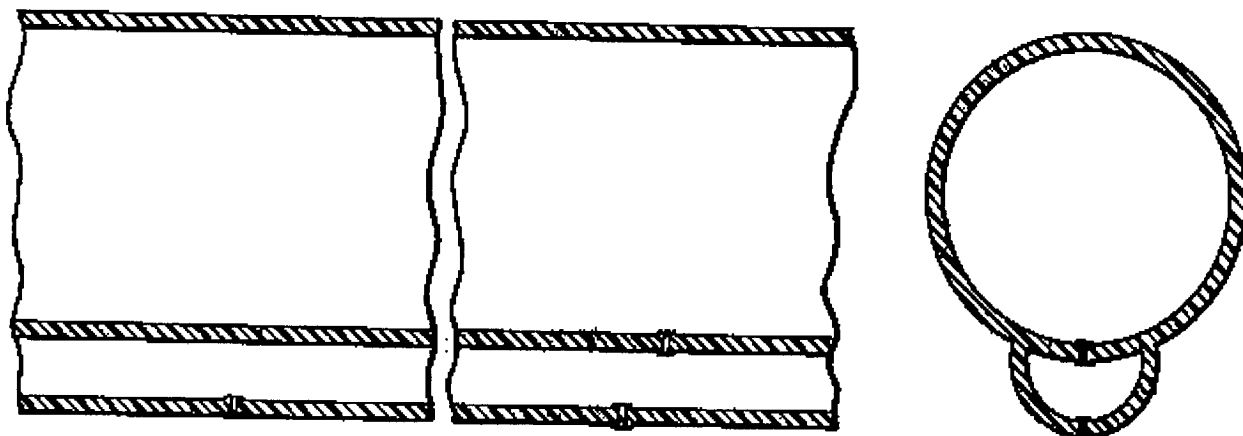


Fig. 3. Cinta de riego formada por extrusión de un polímero flexible. Mock, 1975.

segundo tubo con el exterior del conducto. Cuando se suministra agua bajo presión al interior del primer tubo, se distribuye al interior del segundo tubo con una caída en la presión. El agua que alcanza el interior del segundo tubo es distribuida entonces al exterior del conducto por los hoyos de la segunda serie.

Tiedt (1977) también desarrolló y patentó un medio de riego para distribuir uniformemente una cantidad controlada de agua, que comprende una cinta para recibir agua bajo presión [Fig.4.], que tiene una pluralidad de aperturas de salida espaciadas longitudinalmente en la misma, y una tira flexible deflectora dentro de dicha tubería para subyacer dichas aperturas, extendiéndose longitudinalmente desde la tubería y formando una solapa alargada, con un lado longitudinal conectado y que se extiende debajo de las aperturas y un segundo lado longitudinal, opuesto y libre y que se proyecta más allá de las aperturas de salida, la solapa se espacia para conformarse generalmente al contorno de sección transversal

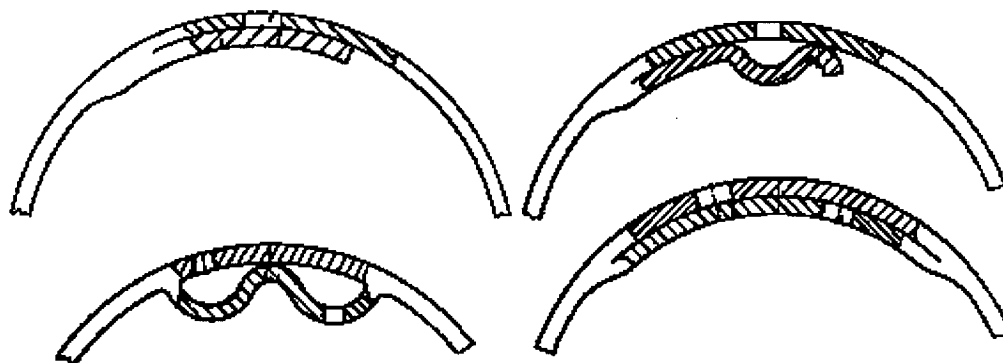


Fig. 4. Cinta de riego con control de flujo por medio de una solapa que produce resistencia en respuesta a la presión del agua dentro de la cinta. Tiedt, 1977.

de la tubería para que la segunda porción de solapa que se proyecta haga contacto con la tubería para definir un punto de admisión a través del cual el agua fluye para alcanzar las aperturas de salida, la admisión produce una resistencia al flujo que es controlada por la presión del líquido recibido en la tubería.

Mullet y Brock (1997) desarrollaron un dispositivo emisor compensador de presión [Fig.5.] para controlar el gasto de agua de un ensamble plenario que contiene líquido, a presión superior a la atmosférica, comprendiendo una tubería de descarga de diámetro relativamente más pequeño y de longitud grande contenida dentro del ensamble plenario, y que tiene un extremo de entrada dentro del ensamble plenario y un extremo de salida aguas abajo de la entrada y en donde un gradiente de presión ocurre entre los extremos de la tubería y un diferencial de presión existe entre el ensamble plenario y el espacio interior de la tubería

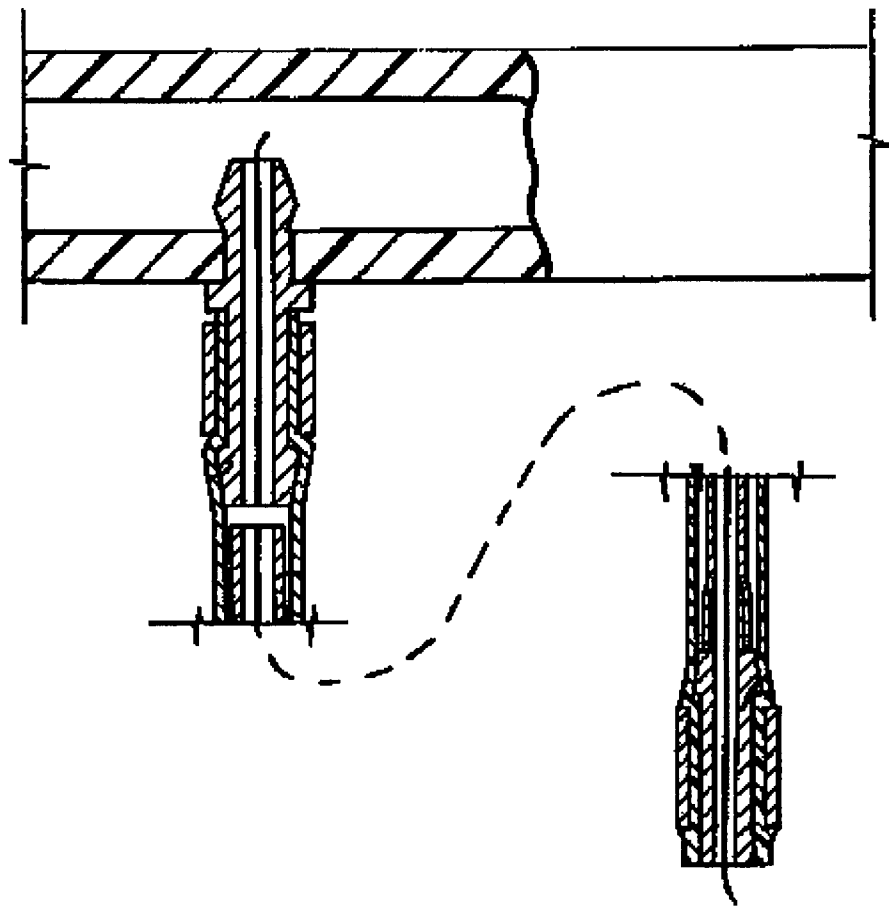


Fig. 5. Dispositivo emisor compensador de presión. Mullet y Brock, 1997.

de descarga que aumenta hacia el extremo de descarga, las paredes de la tubería de descarga son lo suficientemente elásticas de modo que el diferencial de presión reduce el área de sección transversal de una o más porciones de la tubería y un centro extendiéndose a través del tubo de un extremo al otro, teniendo una superficie lisa y un diámetro constante a través de su longitud. La tubería puede contener un centro de cobre u otro metal que inhibirá el crecimiento radicular en las cercanías al orificio de descarga.

Se fueron generando otros dispositivos conductores y emisores de agua distintos, entre los cuales se encuentran varios diseños de Gilead (1975); en su primer diseño se describe un dispositivo de riego por goteo que comprende dos elementos similares a mangueras insertado uno dentro del otro [Fig.6.], uno de los elementos era constituido por una manguera helicoidalmente acanalada de diseño convencional, el elemento interno se encontraba justamente sujetado dentro del elemento exterior, y el elemento interior estaba provisto de aperturas y el elemento exterior contaba con salidas de flujo en intervalos deseados.

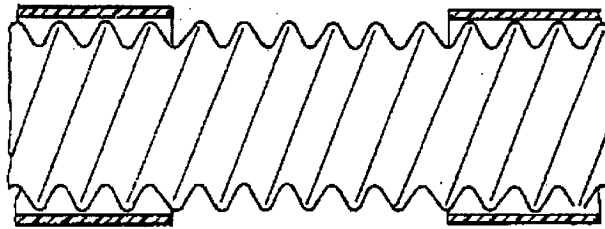


Fig. 6. Cinta de riego por goteo con una manguera helicoidal. Gilead, 1975.

En su patente se protegió el sistema que constaba de la manguera interior perforada a distancias determinadas, y la manguera exterior con puntos de salida distanciados de las perforaciones de la manguera interior, asimismo se protegió la forma helicoidalmente acanalada de una de ambas mangueras.

Más adelante Gilead (1977) describe una mejora al dispositivo conductor y emisor de agua, constituyéndolo por una manguera hueca, continua y alargada para transportar el agua de riego por el interior de la misma y formada con un pasaje no necesariamente helicoidal, sino que podía ser una ranura continua de circunvoluciones regulares o irregulares, vagando por la extensión de la manguera [Fig.7.].

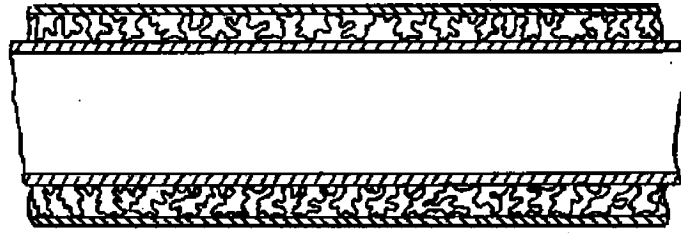


Fig. 7. Cinta de riego por goteo con pasaje irregular. Gilead, 1977.

Dicha manguera es protegida específicamente en las características de un canal de flujo no helicoidal, de circunvalaciones regulares o irregulares, formado entre el elemento exterior y el elemento interior de la manguera.

Después, Gilead (1978) diseñó una cinta de riego que comprende dos capas de material de lámina (PVC de 0.1 milímetros de grosor) [Fig.8.], por lo menos una de las capas se configura en libertad y las capas se pegan juntas en superficies de contacto de tal modo que al pegar las superficies en contacto se define un conducto para agua de riego, por lo menos un canal de reducción de presión se asocia con éste y un punto de salida a cada uno de los canales de reducción de presión.

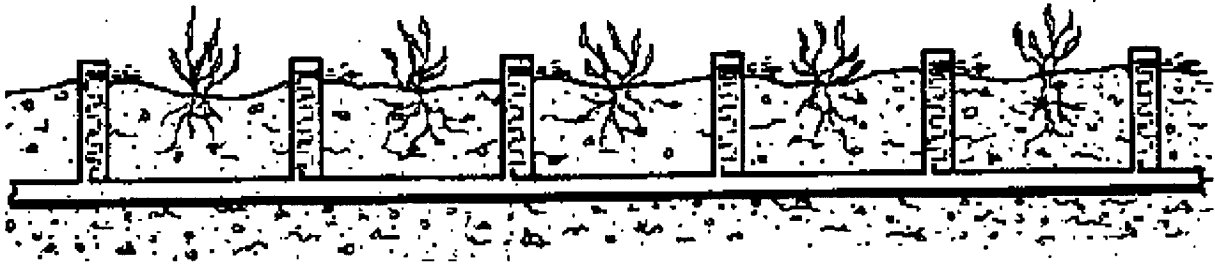


Fig. 8. Cinta de riego por goteo con dos capas de PVC. Gilead, 1978.

En la patente de esta cinta de riego se protege que las capas contaban con áreas levantadas de forma preformada, y ambas láminas se encontraban pegadas en superficies que rodeaban las áreas levantadas, de modo que entre ellas se forme un canal de conducción primario y canales reductores de presión, donde se formaba un punto de salida para el agua.

Más adelante Gilead (1980) inventa una cinta de riego por goteo de tres capas de material laminar [Fig.9.], alargadas y arregladas de modo que ambos de sus bordes laterales yazcan en un arreglo confrontado y coextensivo, las tres capas unidas una a otra en sus bordes laterales para definir un canal de abastecimiento de agua entre la primera y segunda capa y para definir un canal de descarga de agua entre la segunda y tercer capa, la segunda capa esta

abierta para proporcionar comunicación del agua de riego entre el canal de abastecimiento y el canal de descarga de agua. En su patente se protege la cinta de riego que cuenta con tres capas de material impermeable al agua, con sus bordes periféricos arreglados de forma coextensiva y siendo unidos juntamente por un primer y segundo sellos, y definiendo un canal de abastecimiento y uno de descarga de agua; la segunda capa se encontraba perforada de modo que permitiera el paso del agua desde el canal de abastecimiento hacia el de descarga de agua. Al menos una capa, la segunda o la tercera, se grababa en relieve para crear un patrón acanalado y alargado que incluía puntos de comunicación adyacentes múltiples, con sus paredes estando separadas una de otra por medio de áreas intermedias en las que la segunda y tercer capas se encuentran en contacto y se funden juntas, definiendo el canal de descarga. El método y la maquinaria para fabricar la cinta de riego por goteo se protegen también.

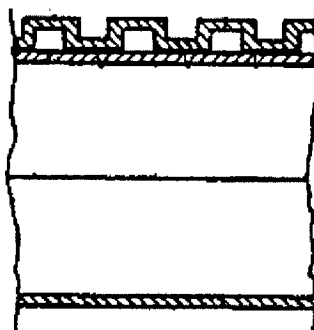


Fig. 9. Cinta de riego por goteo con tres capas de material. Gilead, 1980.

Menzel (1981) desarrolló una cinta de riego por goteo que comprende un primer y un segundo tubo alargado [Fig.10.]. Los tubos tienen una pared exterior de material de lámina que define la periferia exterior de los tubos. Una pared común se extiende de una región de la pared exterior a otra región de la pared exterior para separar los interiores de los tubos. Una porción de la pared común se superpone a una porción de la pared exterior, y estas porciones



Fig. 10. Cinta de riego por goteo de primera generación. Menzel, 1981.

que se superponen tienen superficies que se confrontan. Por lo menos regiones de las superficies que se confrontan se espacian por partes para definir un pasaje de transferencia que dirige el agua del primer tubo al segundo tubo. Los orificios de descarga se dirigen del segundo tubo al exterior de la pared externa. En su patente protege una cinta de riego por goteo que comprende dos tubos alargados, los cuales incluyen una sección alargada de material de lámina flexible teniendo una primer porción de borde longitudinal y segmentos de soporte espaciados a lo largo de la otra porción de borde longitudinal de las secciones para definir un enchufe ó contacto; la sección alargada define la periferia exterior del primer tubo y la primer porción de borde longitudinal es recibida en el contacto; medios de engranaje en la primera porción de borde longitudinal y en los segmentos de soporte para retener la primera porción de borde longitudinal en el contacto; los segmentos de soporte definen parcialmente el segundo tubo; canales de transferencia dirigiéndose del interior del primer tubo al interior del segundo tubo; y canales de descarga dirigiéndose del interior del segundo tubo al exterior de la sección de material de lámina flexible.

Gorney y Dinur (1987) desarrollaron, para la compañía Naan Mechanical Works, un emisor de riego que controla el volumen, en respuesta a la presión [Fig.11.], que incluye un elemento de riego por goteo, que define una región de control de volumen que tiene una superficie de borde periférico a lo largo de por lo menos parte de la periferia del mismo, siendo allí dispuesta a lo largo de un lado de la región de control de volumen una primera superficie de una membrana flexible, cuya segunda superficie se comunica con una fuente de agua presurizada, un canal que restringe el flujo que tiene una admisión que se comunica con la fuente de agua presurizada y una salida que se comunica con la región de control de volumen, y una salida de agua que se comunica con la región de control de volumen en la superficie del borde periférico del mismo. En su patente se protege un elemento de riego por goteo que define una región de control de volumen con una superficie de borde periférica a lo

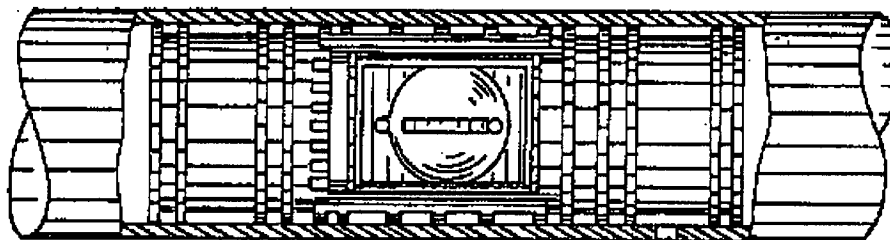


Fig. 11. Emisor de riego por goteo. Gorney y Dinur, 1981.

largo del mismo y una pared lateral; una membrana flexible con su superficie orientada al interior dispuesta a lo largo de su pared lateral y una superficie opuesta que se comunica con una fuente de agua presurizada, la región de control de volumen limitada por la pared lateral, la superficie de borde periférica y la superficie orientada al interior de la membrana flexible y definiendo una salida en la región de control de volumen en la superficie de borde periférica y una entrada a la región de control de volumen espaciada de la región de salida; un pasaje restrictivo de flujo que tiene una entrada que comunica con la fuente de agua presurizada y una salida de agua que comunica con la salida en la región de control de volumen, donde el agua que sale del pasaje restrictivo de flujo pasa a través de la región de control de volumen y por la salida de agua y la ubicación de la salida de la región de control de volumen en la superficie de borde periférica previene a la salida de la región de control de volumen de llegar a ser bloqueada por la membrana flexible cuando es expuesta a presiones de agua dentro del rango de operación del emisor de riego por goteo.

Más adelante, Delmer y Delmer (1985) desarrollaron una cinta de riego por goteo multicámara para distribuir agua, que comprende una tubería primaria más grande y una tubería secundaria más pequeña de material flexible impermeable al agua y unido en una pared, la pared común tiene una serie de conductos primarios de frente al interior de la tubería primaria en comunicación con el interior de la tubería secundaria, la tubería secundaria cuenta con una serie de canales secundarios que se dirigen del interior de la tubería secundaria al exterior, las tuberías comprenden una sola tira de dicho material como la única estructura de las tuberías, la tira tiene bordes opuestos, por lo menos uno de los bordes doblado sobre si mismo con un dobléz de 180 grados para formar un borde más grueso, y con la tira doblada y unida al borde más grueso y a si misma a lo largo de una línea espaciada del borde más grueso para formar las tuberías primarias y secundarias con el borde más grueso siendo la estructura que espacia dicha tira de si misma.

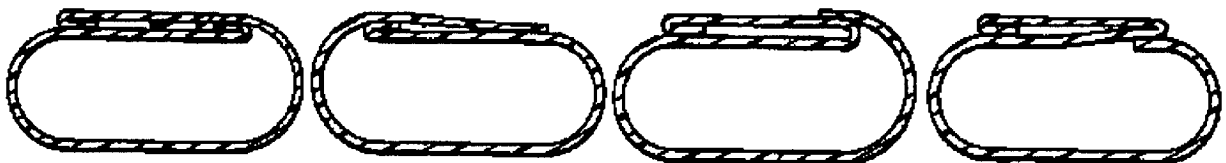


Fig. 12. Cinta de riego por goteo multicámara con posibilidad de varias configuraciones de dobléz. Delmer y Delmer, 1985.

En su patente menciona que son posibles varias configuraciones de dobléz [Fig.12.].

Cintas de Riego de Segunda Generación

Generalidades

Dentro de la llamada segunda generación podemos encontrar a los emisores o cintas conductoras de agua, por medio de goteo, las cuales se generan a partir de utilizar una capa de película plástica y en esta, por medio de gofrado o de un grabado en relieve, se forman uno o más canales de conducción de agua y/o de reducción de presión para generar el goteo.

Diseños Aportados

Dentro de los primeros diseñadores de cintas de riego de esta segunda generación tenemos a un mexicano, Leal-Díaz (1977), quien desarrolló una cinta para riego por goteo y usos similares y los procesos de manufactura para la misma. Se describe una película plástica delgada que forma una cinta, la cual permanece plana, mientras se encuentra vacía, y ovalada o redonda, cuando entra agua bajo presión por la misma. La derivación, la reducción de la presión y la salida goteando, resultan por sellar una película plástica mientras que se imprimen recorridos de canales de varias formas en secciones superpuestas de los bordes de la cinta.

En su patente se protege el método de manufacturar cintas de riego por goteo y similares, que comprende formar un conducto primario de flujo a partir de una película plástica delgada que cuenta con capas superpuestas y pasar un rodillo liso con un canal definido, sobre las capas superpuestas, donde la porción lisa del rodillo sella la capa superpuesta de plástico y forma el conducto primario de flujo mientras que el canal forma un pasaje de agua de riego secundario, sin sellar, entre capas, dirigiéndose desde el conducto primario de flujo a una posición de salida en el borde de las capas superpuestas [Fig.13.].

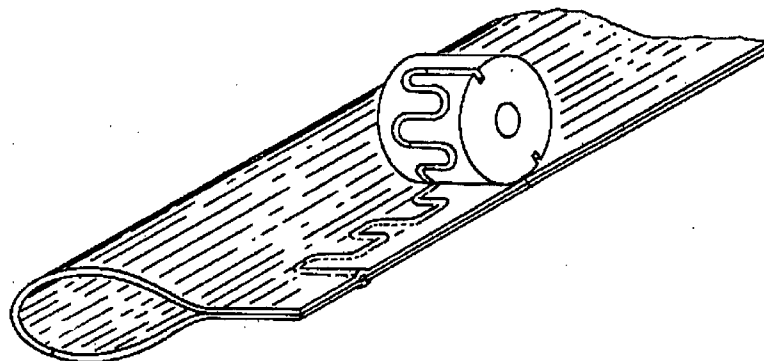


Fig. 13. Cinta para riego por goteo con canal en capas superpuestas. Leal-Díaz, 1977.

Gilead y Gilad (1983) diseñaron una cinta para riego por goteo que comprende un elemento de lámina que tiene una primer superficie con un patrón levantado formado sobre la lámina y que define un canal reductor de presión y una segunda superficie unida a la primera, definiendo con eso el canal reductor de presión [Fig.14.], la segunda superficie esta situada en una relación superpuesta no-coextensiva con respecto a la primer superficie, con lo cual deja por lo menos un canal de agua entre el interior y el exterior del canal reductor de la presión.

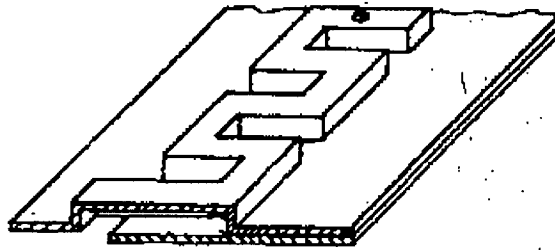


Fig. 14. Cinta para riego por goteo con patrón levantado. Gilead y Gilad, 1983.

En su patente ellos protegen una cinta de riego por goteo que comprende por lo menos un elemento de lámina y una primer superficie que tiene un patrón levantado formado sobre el y la misma define un sendero reductor de presión; y una segunda superficie unida a la primera, dispuesta en relación superpuesta no-coextensiva formando entre ellas un sendero para el agua que cuenta tanto con una entrada como una salida para el agua.

Tiempo después, Gilead (1989) realizó una mejora a la cinta, que igualmente comprende un elemento alargado de sección transversal uniforme, pero en este caso, incluye una porción extruida cerrada, grabada con un relieve para definir un sendero reductor de presión [Fig.15.]. Un canal de abastecimiento de agua que puede ser formado también por extrusión o sellando las orillas del elemento alargado.

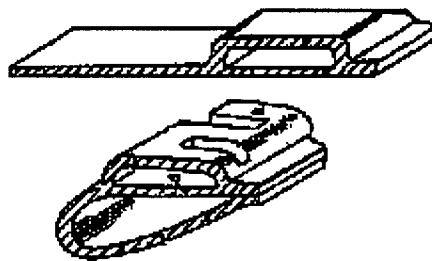


Fig. 15. Cinta para riego por goteo con una porción extruida cerrada. Gilead, 1989.

En su patente se protege la cinta de riego por goteo que comprende un elemento alargado de sección transversal uniforme y que incluye una porción cerrada, extruída,

resistente a fugas, sin sello, definiendo un volumen en su interior; y una porción sólida formada integralmente con la porción cerrada y extendiéndose hacia el exterior desde una de las superficies laterales, el elemento alargado definiendo bordes laterales paralelos que se unen para formar un canal de abastecimiento de agua teniendo la porción cerrada extruída extendiéndose sólo sobre parte del mismo, una de las superficies principales de la porción cerrada extruída se graba en relieve, con lo cual se definen las porciones adyacentes de las superficies principales en ubicaciones escogidas, y siendo unidas una a la otra en las ubicaciones escogidas y una de ellas es grabada en relieve para definir un sendero reductor de presión que cuenta con una multiplicidad de curvas y vueltas y comunica con el canal de abastecimiento de agua y también comprende una salida que permite el paso del agua desde el sendero reductor de presión.

Posteriormente, Gilead (1992) diseñaría lo que se conoce como la cinta característica de la empresa Queen Gil, que se describe como un dispositivo de riego, especialmente adaptado para riego por goteo, que comprende un conducto tubular que conecta las orillas opuestas de por lo menos dos capas de plásticos, grabando en relieve por lo menos una zona marginal de una capa para crear un pasaje laberíntico para el agua de riego [Fig.16.]. Las dos capas se obtienen al doblar longitudinalmente una tira alargada del material.

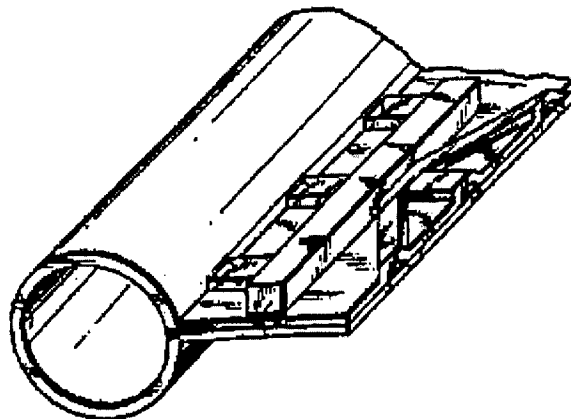


Fig. 16. Cinta para riego por goteo con pasaje gravado en relieve. Gilead, 1992.

En su patente se protege que el dispositivo de riego comprende un conducto de abastecimiento de agua que incluye por lo menos dos capas que son unidas por una coyuntura común, esta es interrumpida por secciones no unidas, creando pasajes del conducto múltiples, que forman canales de filtrado múltiples, el eje longitudinal de cada uno de los canales se extiende en un ángulo relativo a un eje longitudinal del conducto, y en donde los canales

múltiples, tienen una abertura estrecha para prevenir el paso de impurezas, los canales de filtrado múltiples se dirigen desde el conducto de suministro hacia el conducto de distribución que tiene una abertura más grande.

Dentro de esta generación de cintas de riego una de las personas que mas incurrió en el diseño y evolución de estas fue Roberts quien en compañía de Mominee (1988), desarrollaron una maquinaria para fabricar una cinta de riego por goteo de una película de polietileno impermeable al agua [Fig.17.]. Donde un montaje de formado con un carrete neumático enfriado por agua, preforma un canal por un borde, un dispositivo dobla la tira longitudinalmente para formar un primer conducto, y una ensambladora que une y sella los bordes, con una rueda selladora eléctricamente calentada, a lo largo de los lados opuestos del canal para formar una junta en la que el canal define un conducto secundario que es resistente a la deformación. Lugares planos en un par de varillas anulares que se extienden exteriormente alrededor de la circunferencia de la rueda selladora por calor producen interrupciones en el sello para producir admisión y salida de agua.

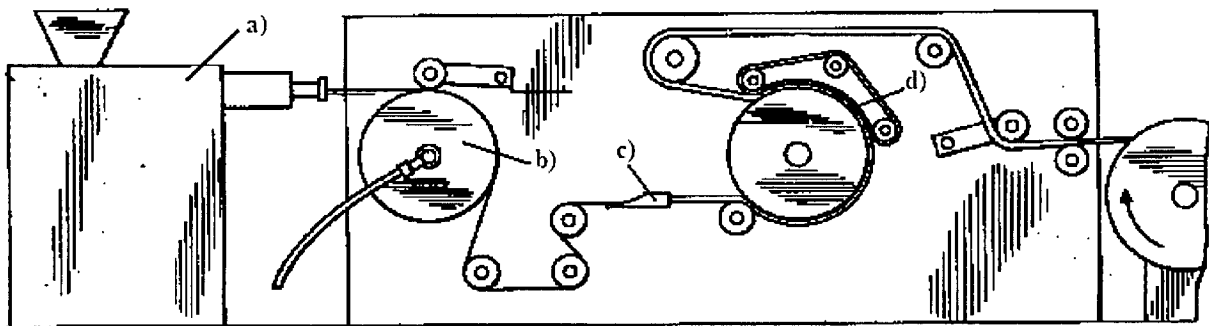


Fig. 17. Maquinaria para fabricar tubería para riego por goteo. Roberts y Mominee, 1988.

En su patente se protege principalmente, la maquinaria y el método para fabricar tubería conveniente para aplicaciones de riego por goteo, que comprende: a) la extrusora para formar una tira de materia flexible que tenga una primer y segunda porción de borde para después poder b) definir un canal en la primer porción que se extiende longitudinalmente a lo largo de la tira; c) medios para doblar la tira longitudinalmente con las porciones de borde superponiéndose para formar un primer conducto; y d) medios para unir por calor la primera porción de borde y la segunda porción con bordes a los lados del laberinto para formar una sección sellada en la que el canal define un conducto secundario y por el cual interrupciones

en la sección sellada definen una serie de puntos de admisión entre el primer conducto y el conducto secundario y una serie de puntos de salida entre el conducto secundario y el exterior de la tubería.

Más adelante, el mismo Roberts (1989) patentaría la cinta de riego por goteo definiendo que era de plástico, de construcción unitaria, remarcando que emplea una película de polietileno impermeable al agua doblada longitudinalmente con las orillas superpuestas y unidas por un sellado a base de calor, para formar un conducto flexible plano. Un canal preformado estrecho a lo largo de una orilla definía un conducto secundario pequeño dentro de los dos sellos paralelos que resisten la deformación para mantener un gasto de goteo controlado y consistente a lo largo de la cinta. Interrupciones en los sellos a intervalos regulares forman admisiones por las cuales el agua de riego fluye del conducto principal al conducto secundario y a las salidas a través de las cuales el agua se emite del conducto secundario al suelo [Fig.18.]. En esta patente se protege el material de la tubería, que comprende la tira plana de material flexible que tiene una porción de borde preformada para definir en su cara plana un canal dentado que se extiende longitudinalmente a lo largo de la tira, la cual es doblada longitudinalmente con la primera porción de borde y la segunda porción de borde superponiéndose para formar un primer conducto, y siendo unidas a lo largo de líneas de sello espaciadas extendiéndose a lo largo de lados opuestos del canal para formar un sello en el que el canal define un conducto secundario de profundidad igual a la del canal

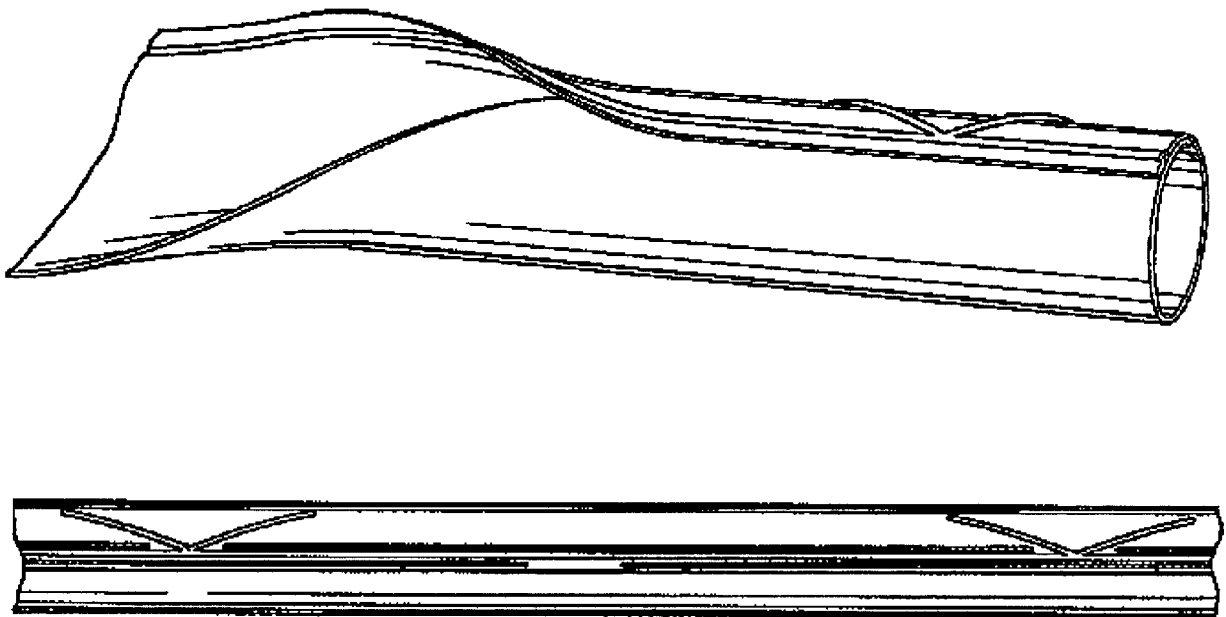


Fig. 18. Cinta de riego por goteo de segunda generación. Roberts, 1989.

dentado, cada línea de sello es espaciada exteriormente desde el borde lateral adyacente respectivo del canal; medios de admisión para mantener comunicación del agua de riego entre el primer conducto y el conducto secundario en una serie de ubicaciones espaciadas aparte a lo largo del conducto secundario; y medios de salida para mantener comunicación líquida entre el conducto secundario y una serie de ubicaciones espaciadas aparte a lo largo del exterior de la estructura de la tubería.

Tiempo después, Roberts (1993) presenta una mejora a la cinta de riego por goteo en la que incluye una serie de cámaras alargadas ordenadas alternamente que se forma de una tira de material flexible que tiene una serie de ranuras dentadas espaciadas con forma de laberinto, extendiéndose a lo largo de un borde lateral [Fig.19.], la tira se dobla con sus bordes laterales opuestos superponiéndose y sellados en los lados opuestos de los canales para formar un conducto principal dentro de la tira doblada y una serie de conductos secundarios a lo largo de los canales. Interrupciones en los sellos forman las entradas entre el conducto principal y cada conducto secundario, y los puntos de salida elevados conectan el conducto secundario al exterior de la cinta. Cada uno de los canales tiene una serie de cámaras alargadas alternamente ordenadas en lados opuestos de la región acanalada e interconectadas por orificios de dimensiones más pequeñas que las cámaras. Una maquinaria para formar la cinta incluye un tambor formador con canales conectados vía puntos de succión a una fuente de vacío, para estirar el material de la tira dentro de los canales para formar las ranuras, la conexión de vacío siendo acomodada para dirigir el vacío sólo a la región del tambor sobre la que pasa la tira.

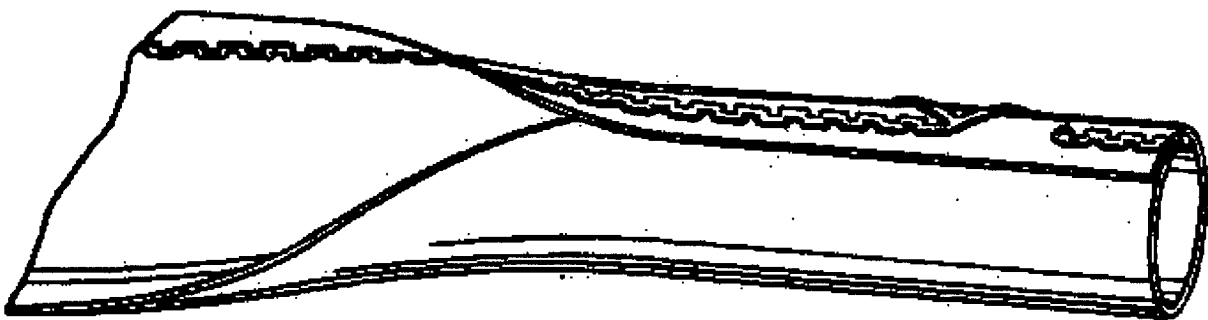


Fig. 19. Cinta de riego por goteo de segunda generación. Roberts, 1993.

En su patente se protege la cinta de riego por goteo, que comprende una tira de material flexible, que tiene un canal dentado en un borde lateral que se extiende a lo largo de la tira, el borde lateral opuesto se dobla a lo largo para cubrir el canal; los bordes laterales opuestos de la tira se aseguran en contacto cara con cara a todo lo largo del canal para formar

un conducto principal dentro de la tira doblada, y un conducto secundario; la tira tiene entradas que conectan el conducto principal a cada conducto secundario, y salidas que conectan cada conducto secundario al exterior de la cinta, cada salida tiene un borde levantado anular proyectándose radialmente hacia el exterior de la cinta; y el canal tiene una forma de laberinto que comprende una serie de cámaras alargadas ordenadas alternadamente en lados opuestos de la región acanalada, cada par de cámaras adyacentes se interconectan por medio de un orificio de conexión de dimensiones más pequeñas que las cámaras en fines adyacentes de las cámaras respectivas, por lo menos las paredes finales de las cámaras se redondean para inducir el movimiento direccional circular, al agua que fluye a través de las cámaras.

En poco tiempo después, Roberts (1994), generó otro método y una mejora a la cinta de riego por goteo que consiste en una tira de material flexible que tiene un canal alargado y dentado formado a lo largo de un borde lateral, el canal es de forma de laberinto, la tira se dobla longitudinalmente para que los bordes laterales se superpongan para formar un primer conducto, y los bordes laterales opuestos se unen con líneas de sello espaciadas a lo largo de los bordes opuestos del canal para definir un conducto secundario. Las entradas y las salidas se disponen a lo largo del canal [Fig.20.]. El método para fabricar la cinta incluye los pasos para formar el canal dentado en un mandril antes de sellar los bordes superpuestos de la tira juntamente por medio de sellado por calor o soldadura ultrasónica.



Fig. 20. Cinta de riego por goteo. Roberts, 1994.

En su patente se protege la maquinaria para fabricar la cinta de riego por goteo que comprende medios para extruir una tira de material flexible por calentamiento; un par de tambores opuestos para formar un canal dentado de forma predeterminedada y laberíntica extendiéndose a lo largo de una porción del borde lateral de la tira [Fig.21.], el primero de los tambores formadores tiene una superficie de borde anular lisa y un mandril en una superficie de borde proyectándose hacia el exterior desde la superficie de borde adyacente, a un borde lateral del tambor, el mandril es formado para corresponder a la forma laberíntica deseada del canal dentado, el segundo de los tambores tiene una superficie de borde anular lisa oponiéndose a la superficie del borde del primer tambor formador y un canal anular, desde

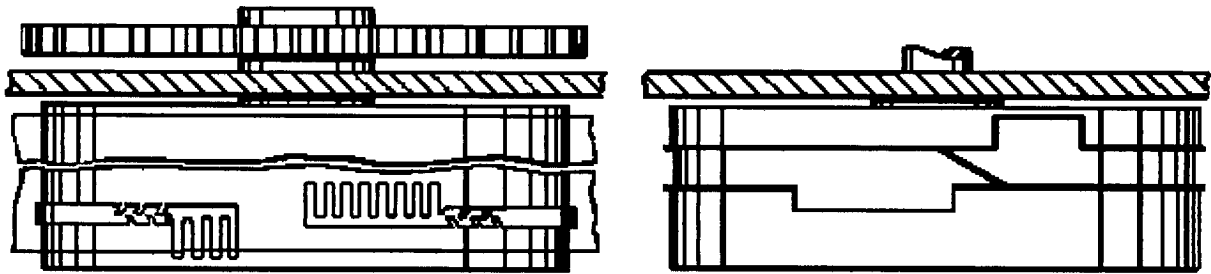


Fig. 21. Tambores formadores de canal en una maquinaria para fabricar una cinta de riego por goteo. Roberts, 1994.

dicha superficie de borde lisa, extendiéndose internamente para recibir el mandril mientras el tambor gira, el cual tiene una anchura substancialmente igual a la anchura máxima del mandril laberíntico que se proyecta; las superficies opuestas de los tambores comprenden medios para guiar la tira calentada entre los tambores y el mandril serpentino que se proyecta y el canal anular opuesto, comprendiendo medios para deformar y estirar una porción de la tira localizada entre el mandril y el canal fuera del plano del resto de la tira para formar el canal dentado; un dispositivo que dobla la tira longitudinalmente y superpone las porciones de borde lateral opuestas de la tira para cubrir el canal y formar un primer conducto dentro de la tira doblada; un dispositivo que sella para unir las porciones de borde superpuestas a lo largo de los lados opuestos del canal; medios para formar puntos de entrada, entre el primer conducto y un conducto secundario definido por el canal, y de salida, entre el conducto secundario y el exterior de la cinta, y los medios de extrusión para formar una porción de mayor espesor en la tira extendiéndose a lo largo de la primera porción de borde en la región donde la ranura dentada deberá ser formada, y proyectándose exteriormente desde caras opuestas de la tira, y los tambores formadores opuestos comprendiendo aún más medios para estirar y reducir el espesor de la porción al formar el canal dentado.

Después, Roberts (1994) implantó una mejora en la que describe una cinta de riego por goteo que tiene una porción de espesor reducido que cubre un canal de flujo dentado [Fig.22.]. En esta ocasión se protegió una cinta de riego por goteo, que comprende una tira de material flexible con canales dentados en un borde lateral extendiéndose a lo largo de la tira, el borde lateral opuesto doblado longitudinalmente a lo largo para cubrir el canal; los bordes se aseguran juntos en contacto cara a cara a lo largo de los lados opuestos del canal, para formar un conducto principal dentro de la tira doblada y conductos secundarios a lo largo de la ranura; la tira tiene entradas que conectan al conducto principal con cada conducto secundario, y

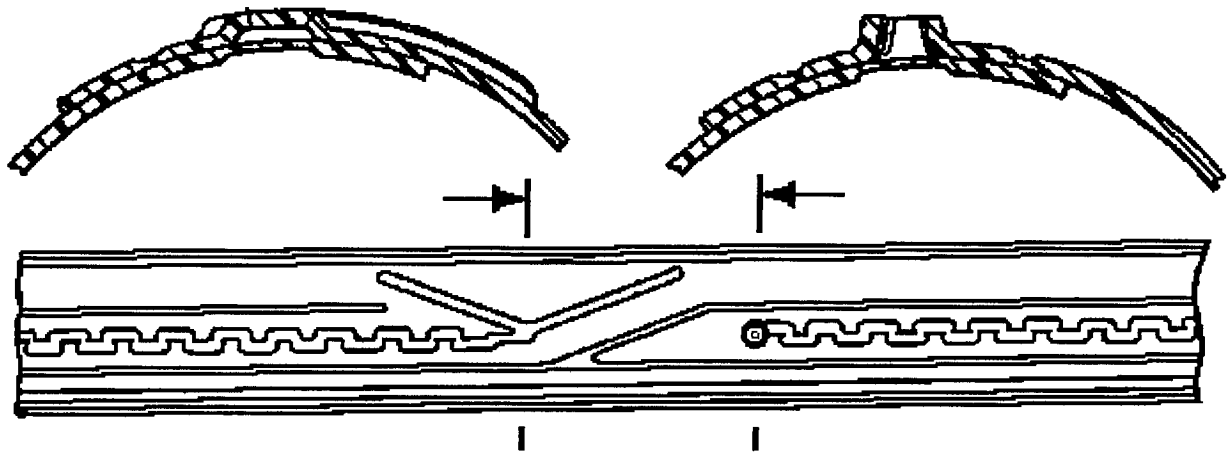


Fig. 22. Cinta de riego por goteo con una porción de espesor reducido. Roberts, 1994.

salidas que conectan cada conducto secundario, al exterior de la cinta; el canal tiene una forma generalmente laberíntica extendiéndose a lo largo de una región acanalada con una serie de cámaras alargadas acomodadas alternadamente en lados opuestos, e interconectadas por un orificio, de dimensiones más pequeñas que las cámaras, en fines adyacentes de estas; las paredes finales de las cámaras son redondeadas para inducir el movimiento direccional circular del agua que fluye por las cámaras y así provocar el flujo turbulento; el espesor de pared de una porción del borde lateral, que cubre el canal por debajo, es menor que el espesor del resto de la tira.

Tiempo después, Roberts (1995) desarrolló una mejora a la cinta y al método para su manufactura describiendo una cinta de riego por goteo que consiste en una tira de material flexible doblada longitudinalmente de tal modo que los bordes laterales se superpongan para formar un primer conducto, y se unan a lo largo de las líneas de sello, ultrasónico o por calor, espaciadas a lo largo de las orillas opuestas del canal para definir un conducto secundario. En esta patente se reclamó el derecho específicamente de la maquinaria para fabricar una cinta de riego por goteo [Fig.23.], comprendiendo a) medios para extruir una tira de material flexible calentada; b) un par de tambores opuestos para formar en la tira un canal dentado de forma predeterminada y laberíntica extendiéndose a lo largo de una porción de su borde lateral, el primero de los tambores formadores tiene c) una superficie de borde anular lisa y un mandril proyectándose hacia el exterior desde la superficie de borde adyacente a un borde lateral del primer tambor y se forma para corresponder a la forma laberíntica deseada del canal dentado, el segundo de los tambores tiene d) una superficie de borde anular lisa oponiéndose al primer tambor y un canal anular en la superficie de borde adyacente y extendiéndose internamente

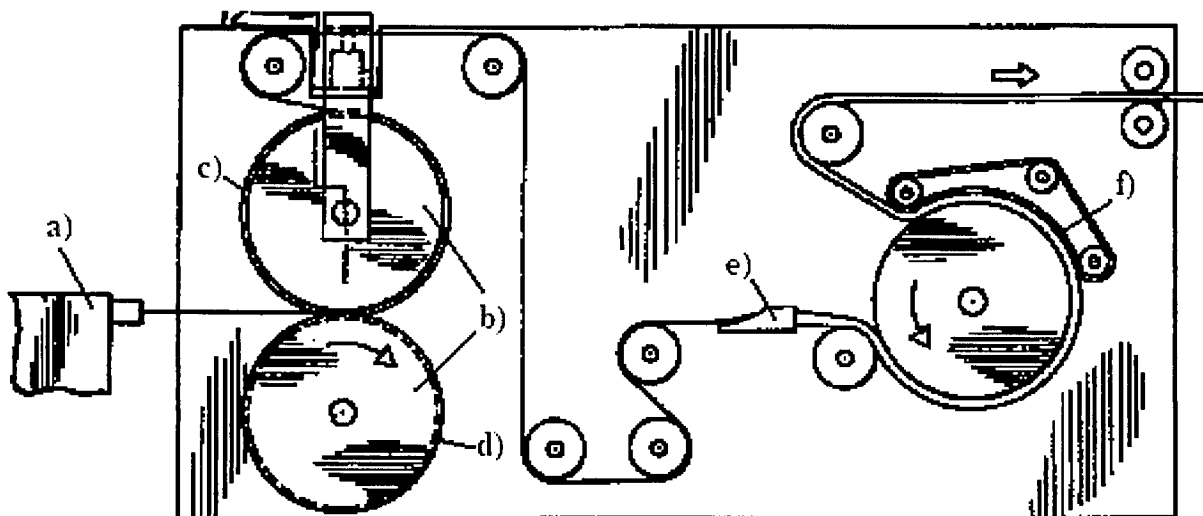


Fig. 23. Maquinaria para fabricar una cinta de riego por goteo, sellada por calor o ultrasónicamente. Roberts, 1995.

desde la superficie para recibir el mandril mientras el tambor gira, y tiene un canal recto y lineal con una anchura substancialmente igual a la anchura máxima del mandril con el laberinto que se proyecta; las superficies opuestas de borde anular lisas de los tambores formadores comprendiendo medios para guiar la tira calentada entre los tambores y el mandril que se proyecta y el canal anular opuesto con medios para deformar una porción de la tira localizada entre el mandril y el canal fuera del plano del resto de la tira para formar el canal dentado; e) un dispositivo para doblar la tira longitudinalmente y superponer sus bordes laterales para cubrir el canal y formar un primer conducto dentro de la tira doblada; f) un dispositivo que sella para unir las porciones de borde superpuestas en contacto cara a cara a lo largo de los lados opuestos del canal; y medios para proporcionar una serie de puntos de entrada entre el primer conducto y un conducto secundario definidos por el canal, y una serie de puntos de salida entre el conducto secundario y el exterior de la cinta.

En el año 1997, Roberts patentó un método de fabricación, donde define una cinta de riego por goteo que se forma de una tira plana alargada de material flexible con una serie de formaciones de canales dentados que cuentan con una serie de entradas espaciadas, que se extienden transversalmente a través del borde lateral interno de la tira y hacia dentro del conducto secundario [Fig.24.]. En esta ocasión se protege el método para suministrar agua desde un abastecimiento de agua a un gasto predeterminado de goteo, desde salidas espaciadas múltiples a lo largo de una cinta de riego por goteo, comprendiendo los pasos de conectar, a un abastecimiento de agua una cinta de riego por goteo formada de una tira plana de material flexible, que tiene una serie de canales dentados espaciados a lo largo de una porción del



Fig. 24. Cinta de riego por goteo. Roberts, 1997.

borde lateral que se dobla y superponiéndose la porción opuesta del borde lateral para formar un conducto principal dentro de la tira doblada y un conducto secundario a lo largo de cada formación de canal que tiene entradas que conectan el conducto principal a cada conducto secundario y por lo menos, una salida que conecta cada conducto secundario al exterior de la cinta; se suministra agua a un gasto predeterminado a través del conducto principal y se dirige hacia dentro de cada uno de los conductos secundarios a través de entradas múltiples espaciadas que definen una primera anchura predeterminada de flujo; se conduce el agua en un sendero tortuoso a lo largo de cada conducto secundario que tienen forma de laberinto, a un gasto que es relativamente menor que el gasto a través del resto del conducto, y a una segunda anchura predeterminada de flujo, la primer anchura de flujo se sitúa en el rango de un 20% menos que la segunda anchura del flujo hasta una anchura de flujo igual a la segunda anchura de flujo (un rango de 0.020 a 0.050 pulgadas); se dirige el agua hacia afuera a través de salidas que conectan el conducto secundario al exterior de la cinta; y se dirige el agua en cada conducto secundario para que fluya en una primera dirección a lo largo de la longitud de la cinta y después dirigir el agua para fluir de vuelta en una segunda dirección contraria a la primer dirección antes de dirigir al agua hacia fuera de la cinta por la salida que es una abertura en una pared exterior del conducto secundario.

En una de sus últimas patentes Roberts (1998) menciona una mejora a la cinta de riego por goteo y el método para su manufactura.

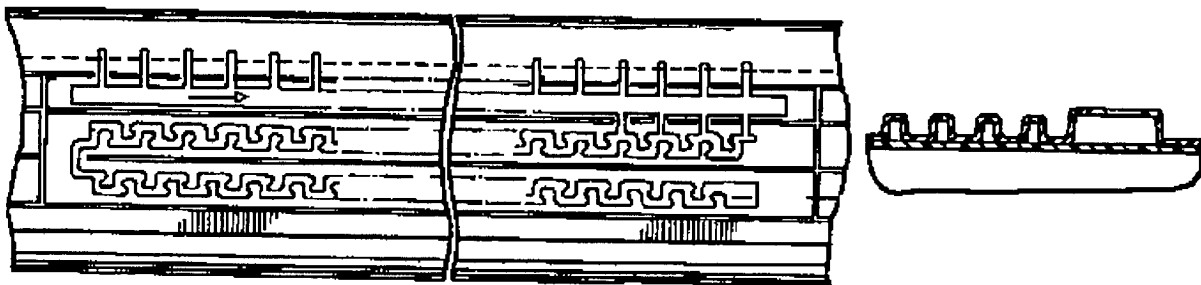


Fig. 25. Cinta de riego por goteo. Roberts, 1998.

En esta patente se protege una cinta de riego por goteo, que comprende una tira de material flexible que tiene dos bordes laterales y dos porciones de borde lateral, que se extienden al costado de los bordes laterales respectivos, las formaciones de canal dentado creadas en la primera porción de borde lateral comprenden una ranura deformada fuera del plano del resto de la tira, la ranura incluye las primeras porciones de canal que se extienden longitudinalmente a través de parte de la tira y entradas múltiples separadas que se extienden en la primera porción del canal a intervalos equidistantes; la tira se dobla con su primer borde lateral superponiéndose a su segundo borde lateral y se sellan en los lados opuestos de la formación del canal para formar un conducto principal dentro de la tira doblada y conductos secundarios a lo largo de la formación del canal dentado; el conducto secundario tiene por lo menos una salida espaciada desde las entradas y conecta el conducto secundario al exterior de la cinta; y la primer porción de canal es recta y extendiéndose en una primera dirección desde las entradas, y la formación dentada incluye una segunda porción de canal en forma de laberinto que se extiende a lo largo de la tira desde la primer porción de canal, la salida se localiza en la segunda porción de canal [Fig.25].

Domitrescu y McMillen (1992) desarrollaron una cinta de riego por goteo formada por una membrana alargada que tiene los márgenes gruesos superpuestos y sellados para formar un tubo y que cuenta con distintos elementos de emisión formados por grabado en relieve o de

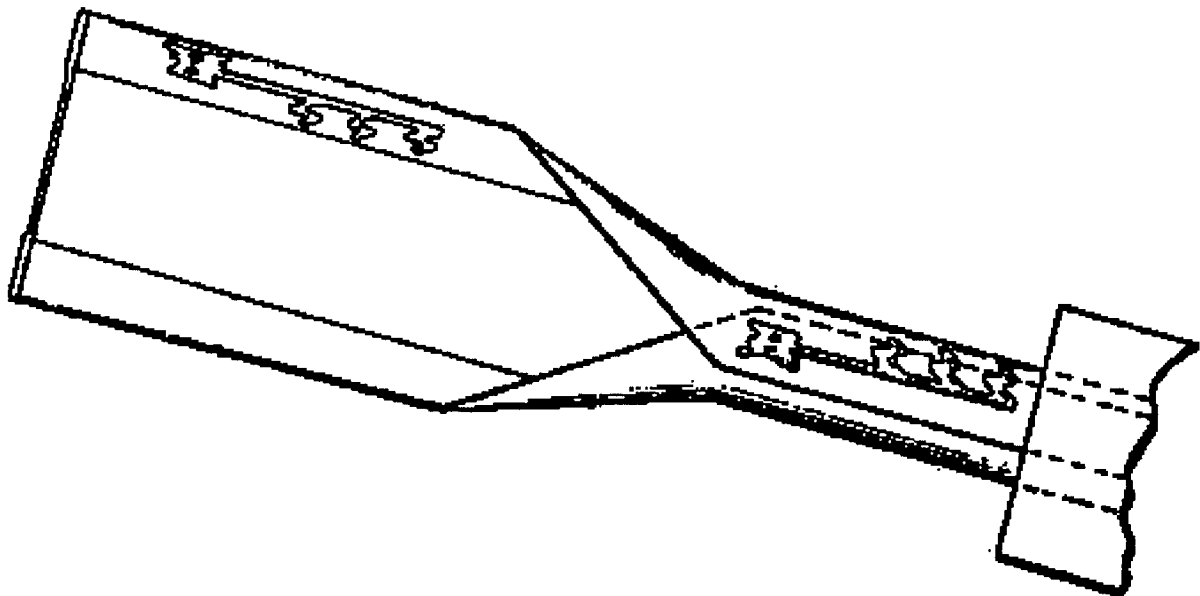


Fig. 26. Cinta de riego por goteo con elementos de emisión grabados en relieve. Domitrescu y McMillen, 1992.

otro modo formando canales de emisión suspendida en una de las orillas marginales gruesas para formar un laberinto de flujo desde el interior del tubo al exterior [Fig.26.]. Los emisores operan para proporcionar un gasto constante sobre una gran variedad de presiones de trabajo al controlar la deformación y la constricción del tamaño de los pasajes emisores relativamente cortos formados por una porción de canales de emisión. En su patente protegieron dicha cinta adaptada para ser conectada a una fuente de agua presurizada para suministrar agua de riego a un gasto substancialmente constante sobre un rango de presiones de fuente preseleccionadas, en ubicaciones múltiples, espaciadas a lo largo de la cinta, que comprende una membrana alargada de anchura predeterminada, y que cuenta con una porción de pared central de espesor relativamente pequeño y un par de porciones de pared lateralmente espaciadas con espesor relativamente mayor, extendiéndose a lo largo de las porciones de borde lateral de la membrana, la cual se enrolla sobre sí misma con las porciones de pared gruesas superpuestas una con otra para formar una tubería alargada y definiendo un conducto interno para recibir agua bajo presión desde la fuente; los emisores se forman en ubicaciones espaciadas a lo largo del tubo, por un canal ahuecado y dispuestos para formar corredores y comunicar agua desde el conducto interno hacia el exterior del tubo; las partes que unen las porciones de pared gruesas superpuestas una a la otra alrededor del canal, de modo que las porciones sin pegar, incluyendo el canal, definen una sección de entrada, una sección que regula y una sección de salida; las secciones de entrada y de salida, tienen un tamaño de sección transversal más grande que el de la sección que regula; el corredor de la sección que regula se extiende a lo largo de la membrana y es deformable para poder reducir su tamaño de sección transversal en respuesta a un aumento de la presión del agua dentro del conducto interno.

En otra invención más reciente, Delmer et al. (1997), desarrollaron una cinta de riego de flujo constante que incluye un sendero de flujo primario que comunica agua a través de la longitud de la cinta [Fig.27.]. El sendero de flujo de goteo secundario va desde el sendero de flujo primario a un sitio del emisor por fuera de la cinta. La cinta se forma con un par de paredes espaciadas variablemente aparte, por lo menos una de ellas se forma con un canal continuamente abierto definiendo parte del sendero de flujo secundario. Una segunda parte de área variable del sendero de flujo secundario se define por espaciamiento radial del par de paredes entre una y otra. Al menos un par de paredes es sensible a la presión del agua interna en el sendero de flujo primario para abrir y cerrar la parte de área variable del sendero de flujo

secundario en respuesta, al aumento o disminución de la presión del agua en la cinta. Los puntos de emisión múltiples se espacian regularmente a lo largo de la cinta. Consecuentemente, la cinta tiene por lo menos un rango de presión proporciona un gasto casi constante de riego por goteo a cada planta, de un cultivo en hilera, mientras que la presión del agua dentro de la cinta disminuye a lo largo de la cinta de riego.

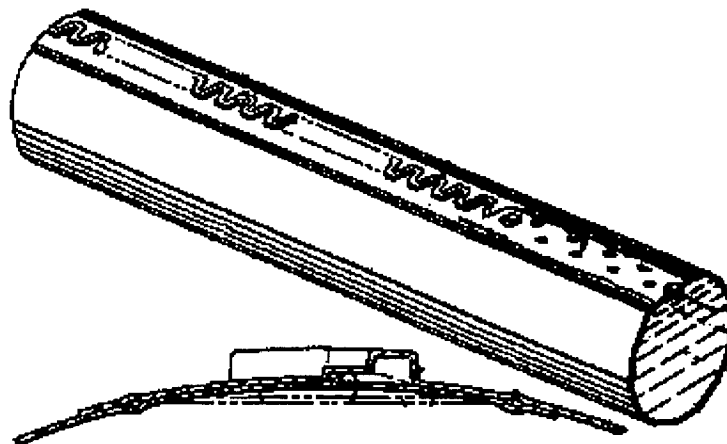


Fig. 27. Cinta de riego de flujo constante. Delmer et al., 1997.

En esta patente se protege la cinta de riego por goteo de gasto constante del tipo que tiene un sendero primario de flujo de agua alargado extendiéndose a través de ésta y un sendero de flujo secundario que se extiende desde el sendero de flujo primario para abrirse hacia el exterior de la cinta, siendo sensible a la presión para estrecharse en respuesta a la creciente presión del agua dentro de la cinta y mantener así el flujo estable.

Tiempo después, Delmer et al. (1998), patentan el método para hacer dicha cinta de riego por goteo de gasto constante con un sendero primario de flujo de agua alargado que se extiende a través de ésta, y un sendero secundario de flujo que se extiende desde el sendero primario de flujo para abrirse paso al exterior de la cinta, el método comprende diversos pasos: se proporciona una tira elástica flexible alargada de la que se forma la cinta de riego y envolverla en sí misma con una primera porción de borde marginal longitudinal y una segunda porción de borde marginal longitudinal superponiéndose una a la otra; se asegura la tira sellándola en ubicaciones espaciadas circunferencialmente adyacentes a los bordes marginales para formar un cuerpo de cinta alargada y utilizarla para definir un sendero primario de flujo; la superposición de las porciones de borde marginal se emplea para definir un sendero

secundario de flujo entre éstas; se proporciona un punto de entrada que comunica el agua desde el primer sendero de flujo hacia el segundo, y proporcionar un punto de salida espaciado a lo largo de la cinta, desde el punto de entrada, para comunicar agua desde el sendero secundario de flujo hacia el exterior; formar una porción de borde marginal para definir un sendero de flujo tortuoso, constantemente abierto, longitudinalmente extendido abriéndose hacia la otra porción de borde marginal y definiendo una primera parte del sendero secundario de flujo extendiéndose entre el punto de entrada y el punto de salida; se proporciona una de las porciones de borde marginal con un canal de dimensión más ancha que el canal tortuoso y más estrecho que la extensión circunferencial del sendero secundario de flujo; se espacian las porciones de borde marginal radialmente aparte para proporcionar una parte de área variable en el sendero secundario de flujo; se utiliza el canal para definir una tercera parte de área variable en el sendero secundario de flujo; se expone el interior de una de las porciones de borde marginal a agua presurizada dentro del sendero primario de flujo; se dobla el interior de una de las porciones de borde marginal para aumentar y disminuir respectivamente el área de la segunda parte de área variable del sendero secundario de flujo en respuesta a la disminución o aumento respectivo de las presiones del agua dentro de las cintas; y se utiliza la porción de borde marginal interior para desviar aún más hacia el exterior una de las porciones de borde marginal en respuesta a la presión del agua dentro de la cinta para estrechar la tercer parte de área variable del sendero secundario de flujo después de que la segunda parte de área variable del sendero secundario de flujo se ha cerrado substancialmente.

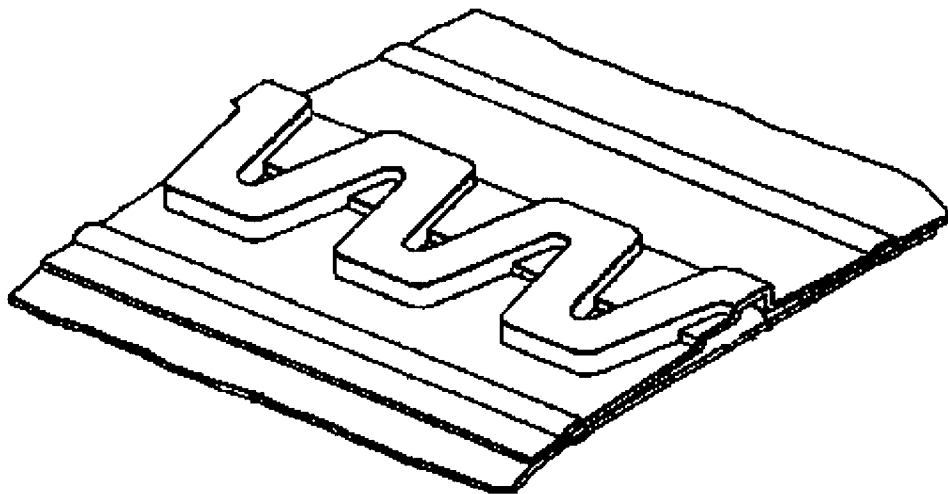


Fig. 28. Diseño alternativo de una cinta de riego por goteo. Delmer et al., 1998.

Cintas de Riego de Tercera Generación

Generalidades

Dentro de la llamada tercera generación, podemos encontrar a las cintas conductoras y emisoras de agua, por medio de goteo, que se generan a partir de utilizar una lámina de película plástica y superponer sus bordes laterales de modo que se traslapen, y al unir estos bordes por medio de pegamento u otro tipo de resina plástica o algún otro material de unión que cuente con un arreglo predeterminado de modo que forme uno o más canales de conducción de agua y provoque la disminución de presión a través de pérdidas por fricción generadas por un largo recorrido dentro del emisor, para generar el goteo.

Diseños Aportados

De los primeros aportes dentro de esta tercera generación de cintas de riego se encuentra la invención de Boyle y Osborn (1969), constituida por una cinta de riego por goteo para distribuir agua a tierras agrícolas, construida al sellar tiras de película plástica delgadas en un patrón escogido para proporcionar un canal principal de suministro relativamente grande y canales laterales de distribución conectados, que tienen un perímetro y una longitud tal que se provoca una caída de presión del agua distribuida entre el canal principal de suministro y las

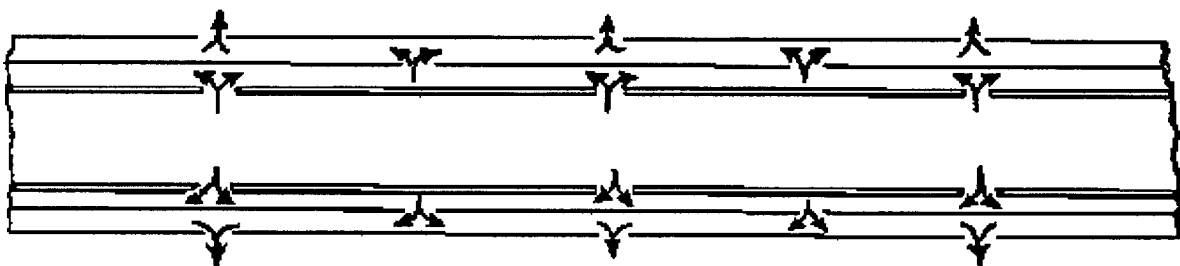


Fig. 29. Cinta de riego por goteo creada a partir de sellar dos tiras plásticas y creando un pasaje para la caída de presión. Boyle y Osborn, 1969.

salidas laterales del canal [Fig.29.].

En su patente se protege el distribuidor de flujo adaptado para conectarse a una fuente de agua, que tiene un cuerpo alargado de material polimérico, termoplástico y orgánico de construcción unitaria que tiene un pasaje principal de flujo extendiéndose por su longitud y

pasajes de flujo más pequeños dispuestos adyacentemente y paralelos al principal y separados de él por paredes que se extienden por su longitud, el perímetro de los pasajes de flujo más pequeños es menor que el del pasaje principal y no menor de 0.1 pulgada, y se caracteriza por una proporción de perímetro a través de su longitud de por lo menos 10 pulgadas; los pasajes de flujo están comunicados por medio de aperturas de flujo en cada una de las paredes a todo lo largo. Los pasajes de flujo en el distribuidor incorporan un agente efectivo para reprimir la acumulación de microorganismos, el cual es un filamento de cobre. El material polimérico es polietileno, y el cuerpo se constituye de hojas sobrepuestas de polietileno selladas por calor, proporcionando una pluralidad de pasajes de flujo separados, dispuestos paralelos uno al otro y en comunicación.

Otro de los primeros aportes a esta generación fue hecha por Allport (1981), quien desarrolló una cinta flexible distribuidora de agua, para conducirla desde una fuente y para descargarla a intervalos escogidos a lo largo de la cinta, formada principalmente de una tira alargada y delgada de material flexible impermeable al agua, con márgenes opuestos en los bordes de la misma, la cinta se forma por la disposición de los márgenes de la tira en relación yuxtapuesta uno al otro con una cara marginal de la tira a lo largo del borde en relación opuesta a una cara marginal de la tira a lo largo del otro borde y por interconexión de los márgenes con un par de costillas aplicadas espaciadamente para definir un sello superpuesto extendiéndose a través de la longitud de la cinta y para definir un pasaje primario de abastecimiento de agua extendiéndose continuamente dentro del tubo, las costillas se extienden paralelas a la extensión alargada del sello y tienen un espesor distinto en una dirección normal a las caras opuestas de los márgenes de la tira, por lo cual las caras opuestas de los márgenes de la tira, en el sello entre las costillas, se espacian una de otra y definen medios secundarios de pasaje de distribución de agua en el sello y por lo cual las costillas forman una porción substancial de las fronteras de los medios de pasaje de distribución, una pluralidad de puntos de entrada se comunican entre el pasaje de suministro y los medios de pasaje de distribución en ubicaciones espaciadas a lo largo de la cinta, y salidas de descarga de

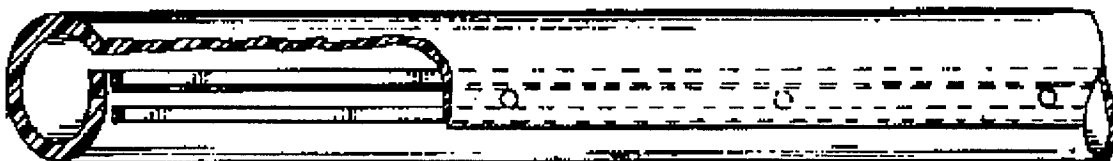


Fig. 30. Cinta de riego de tercera generación. Allport, 1981.

agua que comunican desde los medios de pasaje de distribución hacia el exterior de la cinta en ubicaciones espaciadas a lo largo de esta, y en donde el área de sección transversal y la extensión lineal efectiva de los medios de pasaje de distribución entre los puertos de entrada y las salidas se configuran conjuntamente y son acomodados para regular el gasto bruto de agua a través de los medios de pasaje de distribución [Fig.30.].

Uno de los mayores exponentes dentro de esta tercera categoría es Chapin (1984), quien desarrolló una de las primeras cintas para esta generación siendo un sistema que emplea regulación del flujo y que lo describe como una cinta alargada que distribuye agua para su uso en un sistema de riego para plantas, y similares. La cinta incorpora un arreglo particular de un canal principal de suministro para el movimiento brusco del agua, y una red de distribución para el movimiento ligero de agua [Fig.31.]. La reducción de la presión ocurre en la red de distribución de agua en el punto del paso del agua desde el canal principal de suministro de alta presión a través de una serie de aperturas primarias o estaciones de entrada a través de uno o más pasajes limitantes de agua más pequeños. En ciertas incorporaciones, una estructura se proporciona para realizar una función reguladora de presión en cada uno de los pasajes más pequeños. En una incorporación, la reducción de la presión entre una entrada y una salida es por medio de un canal de laberinto que controla el agua. Se emplean un método y una máquina para fabricar las cintas que incorporan las novedades de la invención.

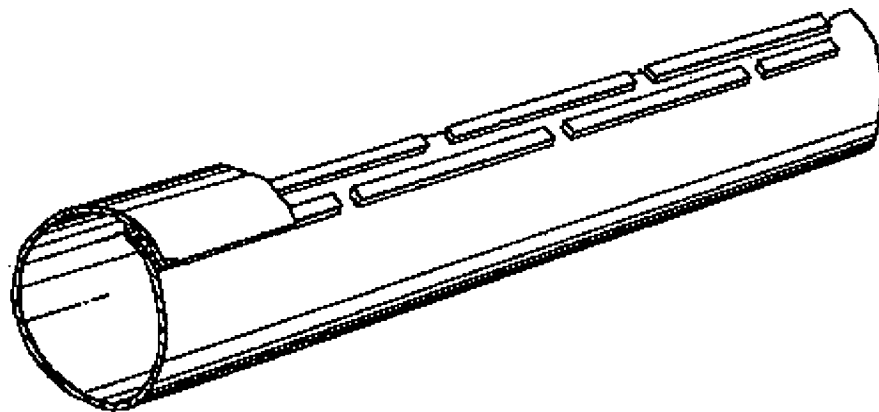


Fig. 31. Cinta de riego por goteo de tercera generación. Chapin, 1984.

En su patente se protege una cinta alargada que distribuye agua para el uso en un sistema de riego, que comprende un canal principal de suministro adaptado para comunicación de agua con una fuente de agua de riego bajo presión; distintos pasajes alargados limitantes de

flujo dispuesto a través del exterior del canal principal, siendo continuos e ininterrumpidos a través de la extensión total de la cinta, y paralelos a su eje longitudinal, y se definen en parte por una pared exterior teniendo una deflexibilidad predeterminada; una pared interior espaciada de la primer pared por tiras opuestas extendiéndose longitudinalmente aseguradas a dichas paredes que son paralelas entre si, la segunda pared tiene un deflexibilidad mayor que la primera pared, la segunda pared define simultáneamente una porción del canal de suministro principal y cada uno de los pasajes limitantes de flujo; las entradas proporcionan comunicación de agua entre el canal principal de suministro y el pasaje; los puntos de salida que permiten que el agua fluya al exterior de la cinta; y dichos medios son substancialmente equidistantes del eje longitudinal de la cinta; y la primera y segunda pared definen en el pasaje el medio para causar que la segunda pared interior se mueva y cambie el tamaño de sección transversal de por lo menos un pasaje en respuesta a cambios de presión en el canal de suministro principal y con lo cual se compensan los cambios de presión de modo que el flujo desde las salidas tienda a permanecer uniforme.

Más adelante, en una continuación de la patente anterior, Chapin (1985) menciona una cinta alargada que distribuye agua para su uso en un sistema de riego para plantas, y similares. La cinta incorpora un arreglo particular de un canal principal de suministro para el movimiento brusco de agua, y una red de distribución para el movimiento ligero de agua. La mayor reducción de la presión del agua ocurre en la red de distribución de agua conformada por una serie de tres pasajes limitantes de agua y es eventualmente liberada al exterior de la cinta a través de una serie de aperturas de descarga o estaciones de salida [Fig.32.].

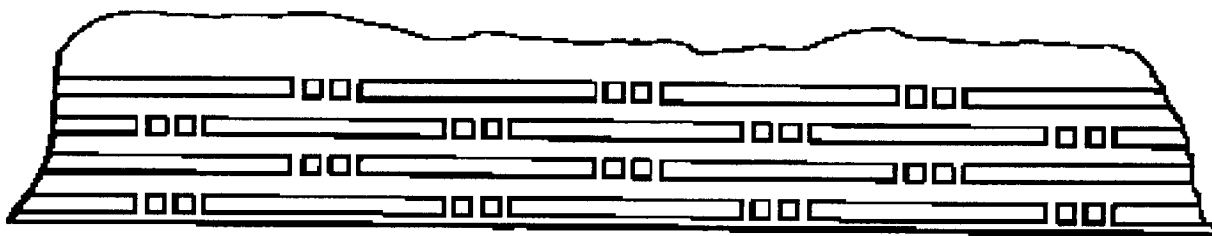


Fig. 32. Canal formado por el pegamento en una cinta de riego por goteo de tercera generación. Chapin, 1985.

En esta patente se protege una cinta alargada que tiene un eje longitudinal y que comprende: un material plano impermeable al agua que tiene bordes extendiéndose longitudinalmente, doblado sobre si mismo para superponer los bordes y de esa forma definir márgenes interiores y exteriores, que definen una pared exterior y una interior; un canal

principal de suministro adaptado para tener comunicación con una fuente de agua de riego presurizada; tres pasajes limitantes del flujo alineados, uno próximo al otro, en un plano común y dispuestos a través del exterior del canal principal entre las paredes interior y exterior, cada uno es paralelo y equidistante al eje longitudinal de la cinta, y continuo, sin interrumpirse a lo largo de la cinta; primeros, segundos y terceros miembros asegurados a las paredes interior y exterior crean separaciones entre el canal principal de suministro, el primer pasaje, el segundo pasaje y el tercer pasaje; primeras, segundas y terceras estaciones de paso de agua en las paredes por donde pasa el agua directamente desde el pasaje del canal principal de suministro hacia el primer, segundo y tercer pasaje discreto; y estaciones de descarga pasantes de agua desde los terceros pasajes hacia el exterior de la cinta para pasar el agua directamente desde el tercer pasaje al exterior de la cinta.

Y en una patente posterior Chapin (1986), hace referencia al mismo sistema de riego por goteo que emplea pasajes limitantes de flujo adyacentemente arreglados, pero en esta ocasión patenta únicamente el método y la maquinaria para fabricar la cinta de riego hecha de una película plástica alargada y pegamento plástico [Fig.33.]. La maquinaria mueve la película en una dirección deseada, paralela al eje longitudinal de la película; orientando la película para exponer una de sus dos superficies a lo largo de uno de los márgenes longitudinales de la película; a) medios de extrusión por boquilla, b) pegamento plástico; los medios de boquilla orientados hacia la superficie de la película de modo que el pegamento sea dispuesto en la

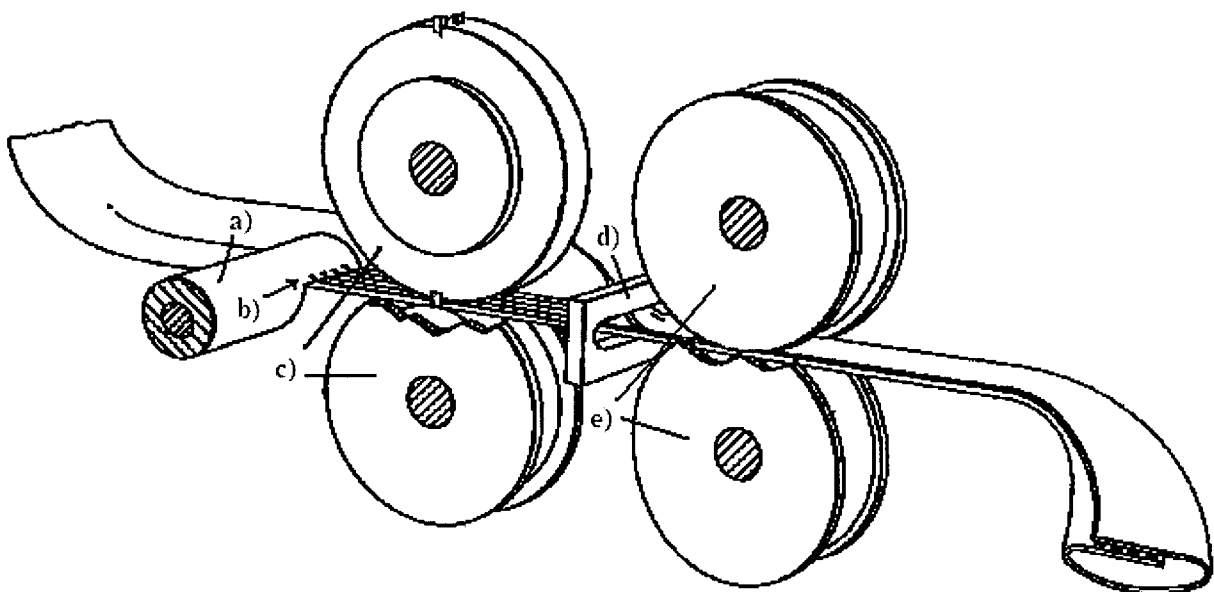


Fig. 33. Maquinaria para crear una cinta de riego de tercera generación. Chapin, 1986.

superficie paralela al eje longitudinal de la película; c) los rodillos para crear periódicamente una depresión permanente en el pegamento; d) medios de doblez para doblar la película a través de su eje longitudinal de modo que las superficies de la película a lo largo de los márgenes longitudinales toquen el pegamento; y e) los rodillos para asegurar el otro margen al pegamento.

Poco después, Chapin (1987), menciona un sistema de riego por goteo que emplea regulación del flujo y lo describe como una cinta alargada que distribuye agua para el uso en un sistema de riego. La cinta incorpora un arreglo particular de un canal principal de suministro para el movimiento brusco de agua, y una red de distribución de agua, o emisor, para el movimiento ligero del agua. La reducción de la presión del agua sucede en el laberinto del emisor en el punto del paso del agua desde el canal de abastecimiento principal de alta presión a través de una serie de primeras aperturas que permiten el flujo o estaciones de admisión a través de pasajes más pequeños que restringen el flujo [Fig.34.]. En ciertas incorporaciones, una estructura proporciona una función reguladora de presión en cada uno de los pasajes más pequeños. En una incorporación, la reducción de la presión entre una admisión y una salida es por medio de un canal en forma de laberinto que restringe el flujo. También se menciona un método y una maquinaria que se emplean para fabricar las diversas cintas que

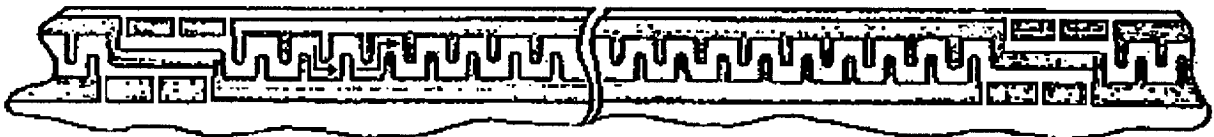


Fig. 34. Canal en forma de laberinto formado por el pegamento en una cinta de riego por goteo. Chapin, 1987.

incorporan las enseñanzas de la invención.

En esta patente se protege la maquinaria [Fig.35.] y el método para hacer la cinta que tiene un canal principal de suministro y por lo menos un pasaje restrictivo al flujo alargado dispuesto por el canal principal de suministro de una película plástica alargada y una lámina plástica, estrecha y alargada que tiene por lo menos dos ondulaciones continuas extendiéndose longitudinalmente, los pasos del método son: mover la película en una dirección deseada que es esencialmente paralela al eje longitudinal de la película; orientar la película para exponer una de las dos superficies de la película a lo largo de uno de los márgenes longitudinales de la película; a) extruir la lámina plástica estrecha con ondulaciones continuas, disponerla con las

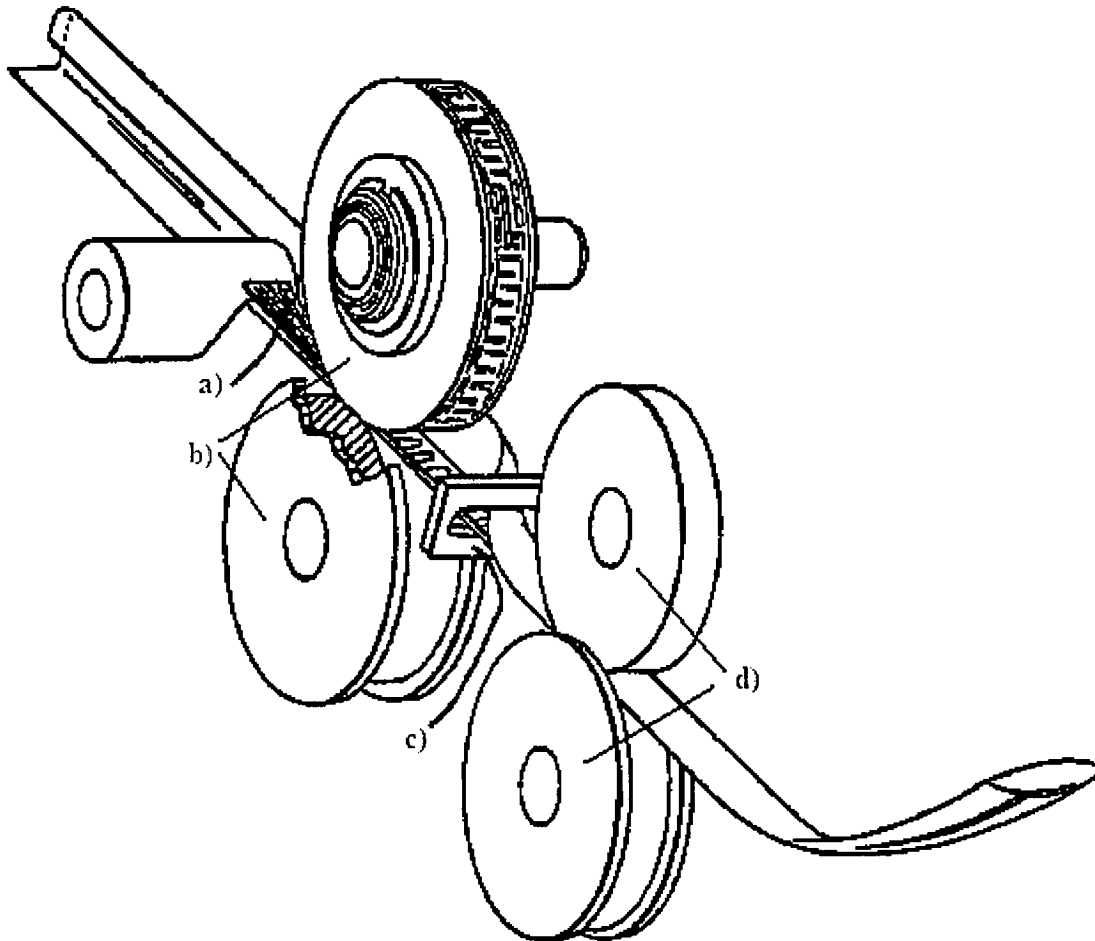


Fig. 35. Maquinaria para formar una cinta de riego por goteo de tercera generación con canal en forma de laberinto. Chapín, 1987.

ondulaciones paralelas al eje longitudinal de la película, en una superficie; b) formar un laberinto de flujo del interior al exterior de la cinta incluyendo crear periódicamente una depresión permanente en por lo menos una de las ondulaciones, la depresión define una apertura que pasa agua; c) se dobla la película por su eje longitudinal de modo que la otra superficie de la película, a lo largo del otro de los márgenes longitudinales de la película, quede en contacto con cada una de las ondulaciones; y d) sellar el otro margen a cada una de las ondulaciones para definir el canal principal de suministro y el canal restrictivo de flujo alargado, siendo definido entre el otro margen y la lámina plástica estrecha con ondulaciones.

Allport (1991) patentó una cinta de riego por goteo que comprende: una lámina plana alargada de material flexible impermeable al agua doblada a través de su longitud para formar un sello longitudinal superpuesto entre márgenes longitudinales interiores y exteriores opuestos de la lámina; una primera y segunda cuentas adhesivas parecidas a costillas,

extendiéndose longitudinalmente, que interconectan los márgenes para unir el sello superpuesto y formar un canal regulador de flujo definida por las cuentas y los márgenes, la cuenta más cercana al margen exterior se extiende más allá de su borde; una multitud de entradas al pasaje regulador de flujo distribuidas en intervalos a lo largo de la manguera; y las salidas desde el canal regulador de flujo distribuidas en intervalos a lo largo de la cinta desfasados de las entradas respectivas [Fig.36.].

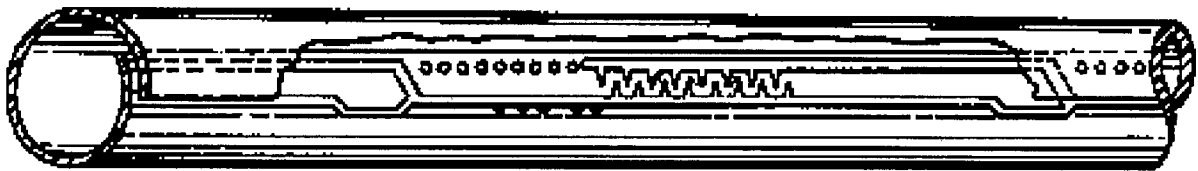


Fig. 36. Cinta de riego por goteo de tercera generación con un pasaje regulador de flujo definido en el pegamento de los bordes de la tira. Allport, 1991.

Otras personas que aportaron mucho a esta tercera generación de cintas fueron DeFrank et al. (1996) quienes, en primera instancia, desarrollaron una cinta de riego por goteo y el método para su manufactura donde describen la cinta de riego por goteo con emisor continuo en la cual cada salida del canal regulador tiene una sola apertura longitudinal. Las

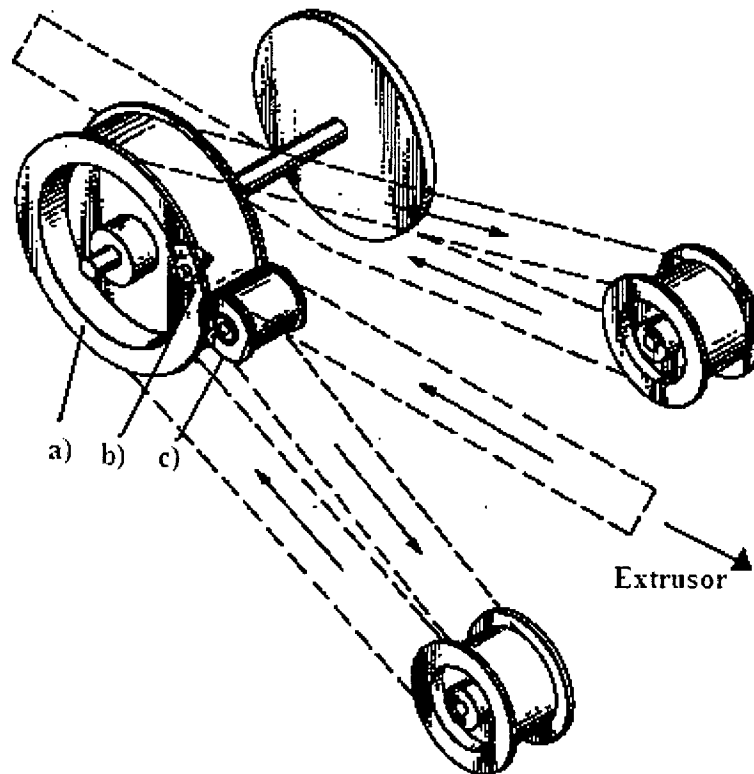


Fig. 37. Recorrido de la cinta de riego, donde se perfora y se cambia de dirección. DeFrank et al., 1996.

aberturas son suficientemente largas y la película es suficientemente flexible de tal modo que el agua gotea por las salidas cuando la cinta se presuriza. Las aberturas son suficientemente cortas y la película es suficientemente rígida de modo que las salidas cierren completamente cuando la cinta se despresuriza. Un a) rodillo creador de salidas tiene una b) hoja afilada en su periferia y c) una rueda de apoyo engrana con ésta para establecer entre ellas un primer estrechamiento y tiene en su periferia una ranura circunferencial en la cual la hoja encaja en este estrechamiento. Un rodillo para formar costillas tiene alrededor de su periferia impresiones que definen un patrón de camino deseado para las costillas. El rodillo creador de salidas y el rodillo formador de costillas se montan en un eje común para operar en sincronía [Fig.37.]. Una tira continua de la película plástica se dirige en un sendero que invierte la dirección cuatro veces para acomodar estas ruedas.

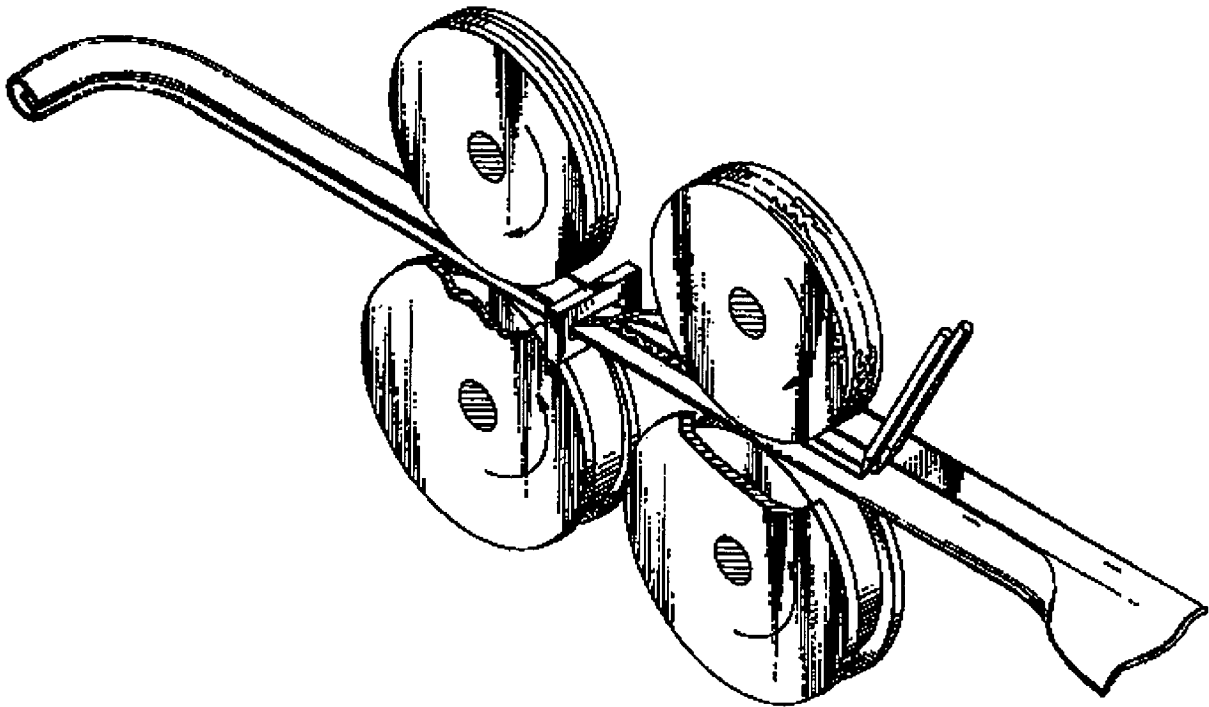


Fig. 38. Maquinaria para la creación de una cinta de riego con pegamento en forma de canal dentado. Las salidas de la cinta son formadas por cortes de navaja en la tira plástica. DeFrank et al., 1996.

En su patente se protege una cinta de riego por goteo formada por una tira flexible alargada de película plástica doblada a través de su longitud para formar un sello longitudinal sobrepuesto entre los márgenes opuestos de la película; la primer y segunda costillas transversas se extienden longitudinalmente en una relación espaciada, interconectándose con

los márgenes opuestos para pegar el sello longitudinal superpuesto, y con lo cual formar un canal regulador de flujo definido por las costillas y un canal de abastecimiento de agua definido por el resto de la tira; puntos de entrada múltiples espaciados longitudinalmente hacia el canal regulador de flujo desde el canal de abastecimiento de agua; puntos de salida múltiples espaciados longitudinalmente desde el canal regulador de flujo desplazado de los puntos de entrada respectivos para proveer una longitud del sendero desde cada punto de entrada a un punto de salida, cada uno de los puntos de salida comprenden una sola abertura longitudinal en la tira, la abertura es larga y la tira es flexible de modo que el agua gotea desde el punto de salida cuando la cinta es presurizada y se cierra cuando se despresuriza la cinta ya que la abertura es corta y la tira es rígida. También protegen el método y la maquinaria para su fabricación [Fig.38.].

DeFrank et al. (1997), en una continuación a la patente anterior mencionan que en otros tipos de cintas de riego por goteo, las salidas alargadas con forma de ranura son en algunas ocasiones creadas por medio de un láser que vaporiza parte de la película plástica. Cuando se detiene el paso del agua, puede que las salidas no cierren completamente por causa del material removido. Debido a esto en esta patente se enfatiza la protección del método para crear las ranuras de salida y las especificaciones que estas tienen.

DeFrank et al. (1998), desarrollaron una cinta de riego por goteo distinta y el método para su fabricación, en donde describen una cinta de riego por goteo de emisor continuo donde la longitud del canal tiene forma de laberinto e induce turbulencia desde las entradas hasta las salidas del canal que regula el flujo, se arregla en un diseño de espalda contra espalda a las salidas en el sentido que las cejas forman un ángulo hacia cada una de las salidas, de modo que hay flujo turbulento paralelo desde dos entradas hacia cada salida [Fig.39.]. Esto duplica el gasto de cada salida sin cambiar las dimensiones del canal que regula el flujo.



Fig. 39. Cinta de riego por goteo con dos entradas y dos canales reductores de presión por cada salida. DeFrank et al., 1998.

En su patente se protege la cinta hecha de un material impermeable al agua que tiene un canal de abastecimiento de agua alargado con una sección transversal larga; un canal longitudinal que regula el flujo que tiene una sección transversal pequeña, el canal regulador

de flujo se dispone a lo largo del canal de abastecimiento de agua; entradas múltiples, no limitantes de flujo, espaciadas longitudinalmente desde el abastecimiento de agua hacia el canal regulador de flujo; salidas múltiples espaciadas longitudinalmente desde el pasaje regulador de flujo hacia el exterior de la cinta, las salidas son desviadas de las entradas para proporcionar dos longitudes de laberinto desde cada entrada a una salida respectiva; y una serie de cejas escalonadas formadas a lo largo del canal regulador de flujo, las cejas están anguladas hacia las entradas a través de cada longitud de laberinto para inducir el flujo turbulento.

Tiempo después, DeFrank et al. (1999), presentan una continuación a su primer patente en la cual se encargan de únicamente proteger de una manera muy específica las características de la cinta de riego por goteo, mencionando que comprende una cinta plástica alargada que proporciona un canal grande de abastecimiento de agua; un pequeño canal regulador de flujo que se extiende a través de la longitud de la cinta; los puntos de entrada múltiples están longitudinalmente espaciados hacia el canal regulador de flujo desde el canal de abastecimiento de agua; y los de salida van desde el canal regulador de flujo hacia el exterior de la cinta, los puntos de salida son desplazados de los puntos de entrada respectivos para proporcionar una longitud de laberinto desde cada punto de entrada a través del canal regulador de flujo y hacia un punto de salida respectivo, en donde cada punto, de entrada o salida, comprende una sola apertura longitudinal, hecha por una hoja de cuchillo [Fig.40.].

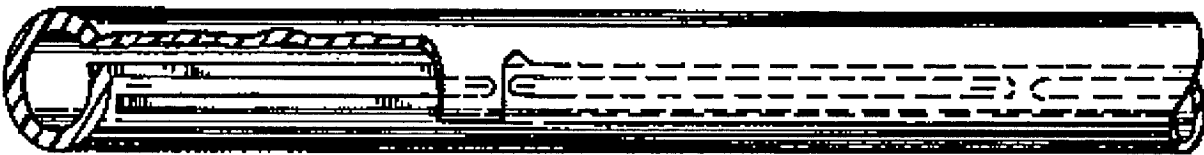


Fig. 40. Cinta de riego por goteo de tercera generación con puntos de entrada y de salida hechos por un corte de navaja. DeFrank et al., 1999.

Posteriormente, DeFrank et al. (1999), vuelven a patentar una cinta de riego por goteo y el método para su fabricación [Fig.41.], en donde los derechos que protegen son muy similares solo que descritos de una manera diferente y más explícita en cuanto a las cejas.

Dentro de las cintas de riego desarrolladas por DeFrank y Tran (1999), se encuentra una que cuenta con una entrada que se auto limpia [Fig.42.], mencionando que se trata de una cinta de riego por goteo que se limpia a sí misma, que comprende una tira alargada de película plástica doblada longitudinalmente para superponer sus bordes y sellarlos con pegamento.

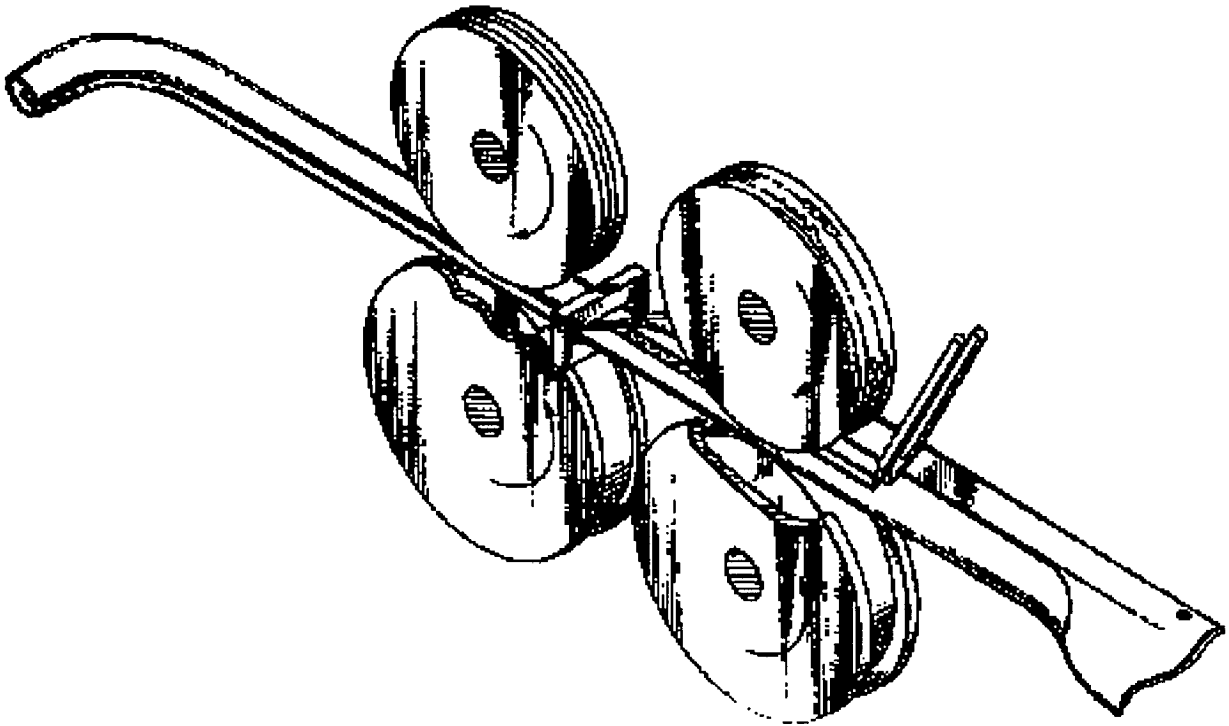


Fig. 41. Maquinaria para la creación de una cinta de riego por goteo con un canal de flujo turbulento conformado por cejas. Las salidas de la cinta son formadas por orificios en la tira plástica. DeFrank et al., 1999.

Tiene un patrón longitudinal repetido que forma un canal regulador de flujo y entradas opuestas espaciadas a lo largo de la longitud del pegamento y las salidas espaciadas desde las entradas para crear una caída de la presión a través del canal que regula el flujo.

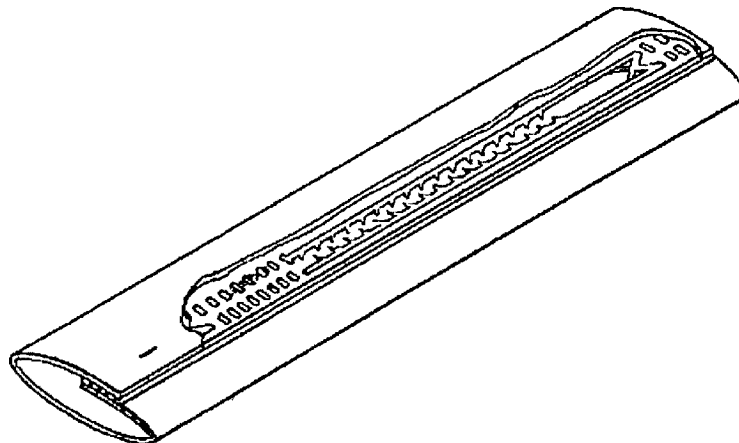


Fig. 42. Cinta de riego con una entrada auto limpiante. DeFrank y Tran, 1999.

En esta patente se protege la cinta de riego por goteo que comprende una tira alargada de película plástica doblada longitudinalmente para superponer sus bordes; un primer pegamento longitudinal sellando parcialmente los márgenes que se superponen; un segundo

pegamento longitudinal cercano al borde del primer pegamento sellando parcialmente los márgenes que se superponen; los pegamentos tienen un patrón longitudinal repetido que forma un canal que regula el flujo y entradas opuestas; salidas desde el canal que regula el flujo hacia el exterior de la cinta espaciadas de las entradas para crear una caída de presión; y un tercer pegamento longitudinal cerca del borde del segundo pegamento sellando totalmente los márgenes que se superponen, el segundo y tercer pegamentos forman un canal de acceso de agua a las entradas en el segundo pegamento de modo que las entradas en el primer pegamento se limpian de vuelta cuando se tapan por el flujo a través de las entradas en el segundo pegamento.

Recientemente, DeFrank et al. (2005), patentaron el método para fabricar una cinta de riego por goteo del tipo de emisor continuo en el que las salidas del canal regulador tiene una sola apertura longitudinal. Controlando la longitud de las aperturas y la flexibilidad de la película, el agua gotea desde las salidas cuando la cinta se presuriza sin atascarse cuando la esta se despresuriza. Las aberturas son lo suficientemente largas y la película lo suficientemente flexible de modo que el agua gotea desde las salidas cuando la cinta se presuriza e inversamente cuando se despresuriza [Fig.43.]. Un rodillo forma las salidas con la hoja afilada de su periferia y un rodillo de apoyo engrana al anterior para establecer un primer estrechamiento entre ellos. El rodillo de apoyo tiene en su periferia una ranura circunferencial en la que la hoja afilada encaja en el primer estrechamiento. Un rodillo creador de costillas tiene alrededor de su periferia impresiones que definen un patrón de laberinto deseado para las costillas. Los rodillos formadores de salidas y de costillas se montan en un eje común para operar en sincronía. Una tira continua de película plástica se dirige en un sendero que invierte la dirección cuatro veces para acomodar estos rodillos.

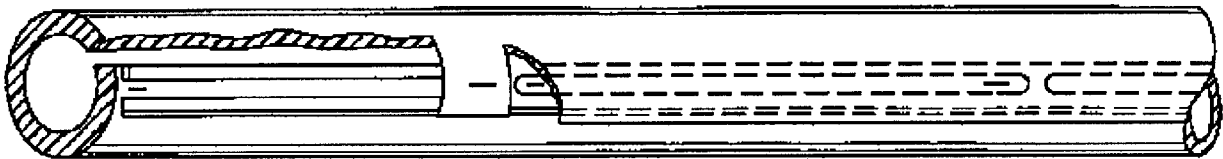


Fig. 43. Cinta de riego de tercera generación con aperturas de entrada y de salida anti-taponamiento. DeFrank, et al., 2005.

Cintas de Riego de Cuarta Generación

Generalidades

Dentro de la cuarta generación podemos encontrar las cintas de riego por goteo, que se generan a partir de unir una tira de plástico con un emisor que se constituye independiente de la película que forma el conducto principal.

Diseños Aportados

Una de las primeras cintas desarrolladas para esta generación fue diseñada por el mexicano Jaime Sahagun Barragán (1975), donde describe una cinta de riego por goteo que comprende una línea de tubería con un canal conectado firmemente a lo largo de ella, el canal tiene paredes de fondo y laterales cerradas interiormente en longitudes predeterminadas que constituyen canales independientes; la línea tiene almas espaciadas a distancias periódicas a través de su longitud, cada una de ellas comunica con una entrada de canal constituida por una cámara que admite agua de la línea de tubería que tiene una altura reducida con respecto a la altura interna del resto del canal para así proporcionar un filtro de partículas de cierto espesor, el canal incluye múltiples paredes internas alternadas que promueven una pluralidad de intrusiones y cambios en la dirección del líquido que pasa por el canal bajando su presión antes de que salga del canal por una salida [Fig.44.].

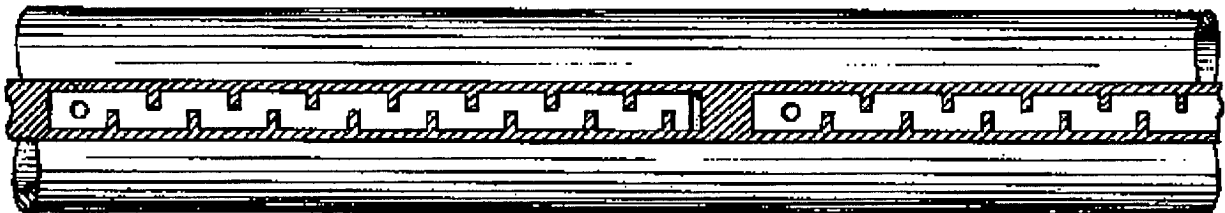


Fig. 44. Cinta de riego por goteo de cuarta generación con un canal reductor de presión. Sahagun, 1975.

Poco después, Sahagun (1975), desarrolló una mejora donde describe una válvula de riego por goteo anti taponamiento, que puede ser destapada sin necesidad de desensamblarla. En su patente se protege la válvula de riego por goteo anti taponamiento que comprende un ensamble alargado plano, relativamente grueso que cuenta con una cubierta de película flexible, y una membrana altamente flexible y gruesa laminada a la cubierta, por lo menos un canal alargado abriéndose hacia una de las caras de la membrana altamente flexible opuesta a

la cara laminada de la cubierta, medios de partición múltiples integralmente formados con el miembro altamente flexible y localizados dentro del canal alargado de modo que forme un laberinto con una primera cavidad formada al final del canal alargado y una segunda cavidad formada al final opuesto del canal alargado; medios complementarios de cubierta unidos a la cara opuesta del miembro altamente flexible y a los medios de partición en sus extremos libres, de modo que se forma un laberinto desde el conducto de laberinto y primer y segundo medios de cámara respectivamente desde el primer y segundo medio de cavidad; entrada del flujo en los medios de cámara; y salidas del flujo en otro de los medios de cámara [Fig.45.].

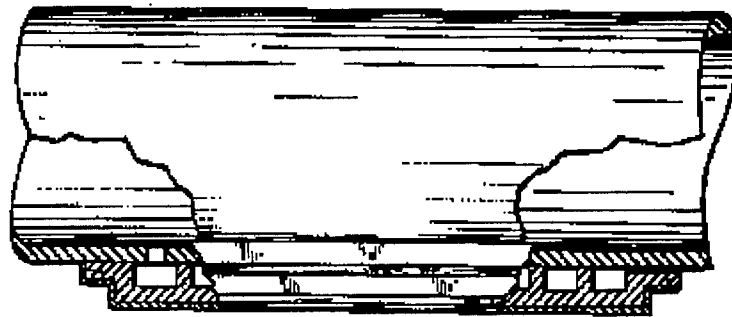


Fig. 45. Cinta de riego por goteo de cuarta generación con una válvula anti taponamiento. Sahagun, 1975.

Robbins (1984), desarrolló una cinta de riego por goteo que tiene un canal primario y un canal regulador de flujo secundario laminado en una placa entre las porciones de borde traslapadas del canal primario con un borde de la placa comunicándose con el interior del conducto primario y con el suministro del agua, y el borde opuesto de la placa se comunica con el exterior de la cinta. La placa incluye laberintos de flujo interiores en una configuración secuenciada y repetitiva que comunican con el suministro de agua a alta presión en el canal primario y con aperturas de descarga espaciadas en la placa del conducto secundario. La placa puede ser construida grabando un patrón deseado en una tira alargada de película elástica o de laminado metálico y separando y orientando para su inserción entre los bordes traslapados de la película del canal primario [Fig.46.]. En una incorporación los senderos a través de la placa del conducto secundario son tortuosos en la configuración y sirven para transportar el agua en flujo turbulento y reducir la presión del agua a un nivel deseado en los puntos de descarga. En otra incorporación de la invención los laberintos se forman para definir un vórtice para reducir la presión y para causar que el agua gotee desde aperturas de descarga a un gasto regulado.

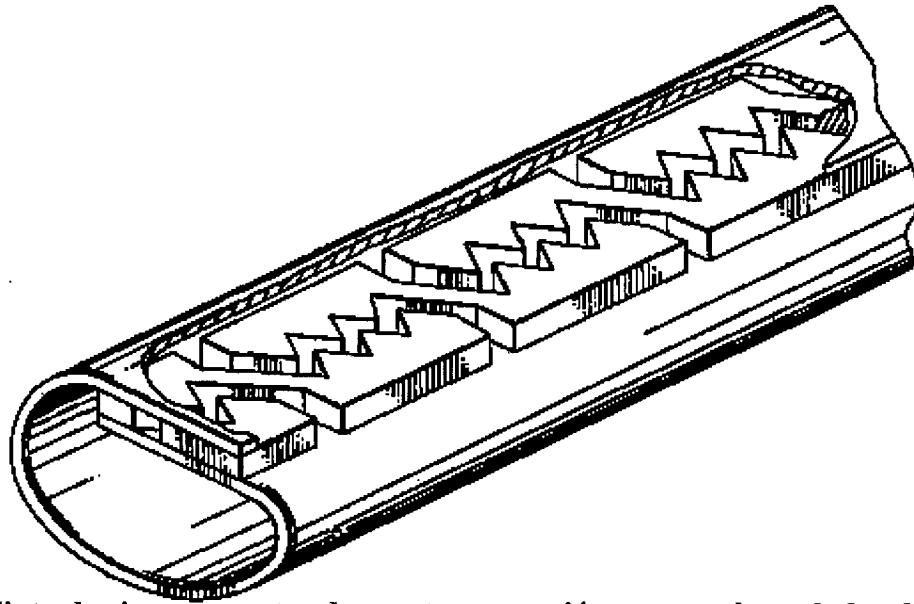


Fig. 46. Cinta de riego por goteo de cuarta generación con canal regulador de flujo laminado en una placa. Robbins, 1984.

En su patente se protege la cinta de riego por goteo que comprende un conducto primario caracterizado por una lámina alargada y elástica que tiene dos bordes de lámina traslapado uno sobre el otro; una placa alargada y elástica extendiéndose entre el primer y el segundo borde y tiene un primer borde de la placa en el interior del conducto y un segundo borde fuera del conducto; y un laberinto en la placa, las aperturas de entrada en el primer borde de la placa que se comunica con el laberinto de flujo, y aperturas de salida en el segundo borde de la placa y comunicándose con el laberinto para descargar agua desde el conducto primario.

Langa et al. (1989), presentaron una cinta de riego con emisor linear de flujo turbulento y mencionan que las secciones del canal de emisor son formados al vacío en una tira plástica, plana, extruida. La tira entonces es aplicada a una cinta, y se forman las aperturas de admisión y salida en lados opuestos de las secciones del canal [Fig.47.]. La tira puede ser pegada por fusión de calor al sustrato durante un proceso de co-extrusión, o pegada en una operación separada. La velocidad de flujo se controla fácilmente sin cambiar la estructura de la tira al variar el número de secciones de canal en las que se forman aperturas de salida. En su patente se protege la cinta de riego que tiene un cuerpo de cinta con un pasaje primario; una sección de flujo turbulento conectada al cuerpo de la cinta extendiéndose a lo largo del cuerpo de la cinta; la sección de flujo turbulento y el cuerpo de la cinta cooperando para proporcionar un

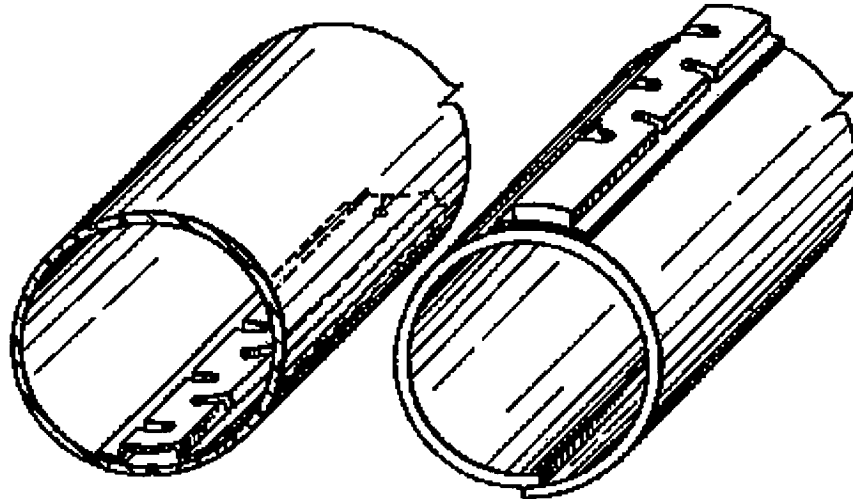


Fig. 47. Cinta de riego con emisor lineal de flujo turbulento. Langa et al., 1989.

pasaje secundario; una entrada que va del pasaje primario al secundario; una salida que va del pasaje secundario al exterior de la cinta de riego; la sección de flujo turbulento incluye medios para crear un laberinto de flujo turbulento en el pasaje secundario; y los medios de creación incluyen paredes huecas que se proyectan hacia el pasaje de flujo secundario.

DeFrank (1994), también incursionó en esta generación de cintas, desarrollando una cinta con compensación de presión [Fig.48.] y el método para su fabricación. Se describe que una sección de flujo laminar y una de flujo turbulento se forman contiguos a lo largo de un canal regulador de flujo en una cinta de riego por goteo. Respondiendo a la presión en un canal de abastecimiento de agua de la cinta, el área de sección transversal de la sección de flujo laminar se reduce mientras la presión aumenta de modo que compensa para el efecto de

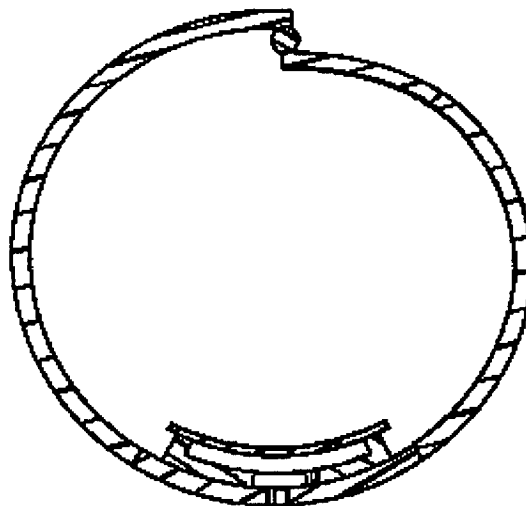


Fig. 48. Cinta de riego por goteo de cuarta generación con compensación de presión. DeFrank, 1994.

cambios de presión en el gasto de goteo de la cinta. El pasaje de abastecimiento de agua es formado por una tira continua de película plástica sellada en sus márgenes, y el canal que regula el flujo tiene paredes longitudinales laterales que se extienden interiormente desde la tira. La base de las paredes laterales tiene superficies en forma de cejas que forman la sección de flujo turbulento y el resto de las paredes laterales con superficies lisas que forman la sección de flujo laminar. El área transversal de la sección de flujo laminar se reduce respondiendo a la presión por una tira continua de película plástica deflectable que sella las paredes laterales en las superficies lisas adyacentes a ésta. La película plástica se deflecta hacia superficies formadas como cejas en tanto que la presión aumenta para reducir el área de sección transversal de la sección de flujo laminar.



Fig. 49. Canal regulador de flujo con compensación de presión. DeFrank, 1994.

En ésta patente se protege una cinta de riego por goteo con un canal alargado de abastecimiento de agua que tiene un área de sección transversal larga; un canal regulador de flujo que tiene una pequeña área de sección transversal reguladora del flujo formada por rieles longitudinales [Fig.49.], que se extienden radialmente desde paredes laterales espaciadas en una dirección paralela a la de los rieles; las entradas múltiples espaciadas hacia el canal regulan el flujo desde el abastecimiento de agua, y las salidas múltiples, regulan el flujo hacia el exterior de la cinta; una sección de flujo laminar se forma a través del pasaje regulador de flujo por superficies interiores lisas en los rieles; una sección de flujo turbulento se forma a través de la longitud del pasaje regulador de flujo por superficies interiores con forma de cejas en las paredes laterales; y medios sensibles a la presión en el pasaje de abastecimiento de agua para reducir el área de sección transversal de la sección de flujo laminar con presión creciente de modo que se compense el efecto de cambios de presión en el gasto de goteo de la cinta.

Y tiempo después, DeFrank (1995), registra una patente en la cual señala el proceso para formar dicha cinta de riego por goteo con compensación de presión. Menciona que la cinta es hecha al transportar continuamente una primera tira de película plástica a través de una estación de ensamble [Fig.50.]. Una o más gotas fundidas se depositan en una región

central de la película. Las gotas forman un canal regulador de flujo definido por las paredes laterales. Una segunda tira de película plástica, más estrecha que la primera, es sellada a las paredes laterales mientras se funde para formar un canal regulador de flujo entre las paredes laterales y las dos tiras de película. Las entradas al canal regulador de flujo y las salidas se forman a intervalos espaciados a lo largo de la cinta. La primera tira de película se dobla longitudinalmente para superponer los márgenes que se sellan para completar la cinta.

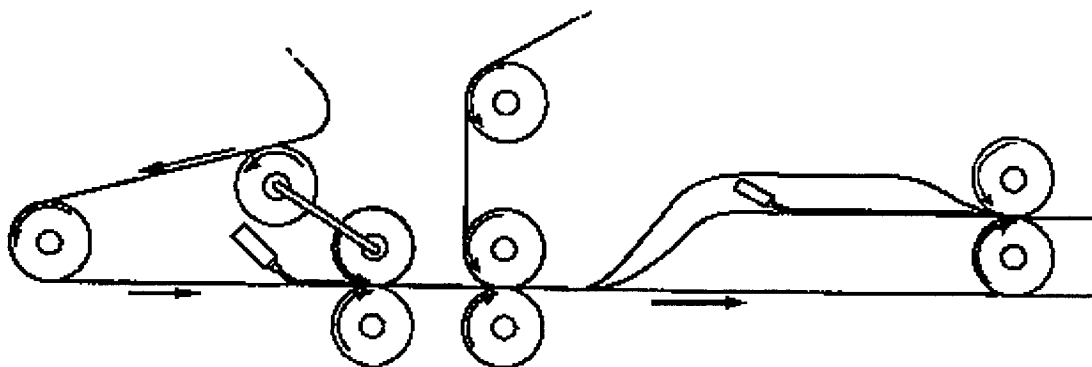


Fig. 50. Estación de ensamblaje de una manguera de riego por goteo de cuarta generación con compensación de presión. DeFrank, 1995.

En esta patente se protege el método continuo de hacer una cinta de riego por goteo en una estación de ensamblaje que transporta continuamente por la estación de ensamblaje una primera tira de película plástica que tiene dos márgenes longitudinales y una región central longitudinal entre los márgenes; deposita y forma las gotas fundidas en la región central dentro de un canal regulador de flujo definido por paredes laterales; sellando una segunda tira de película plástica que es más estrecha que la primera tira a las paredes laterales mientras éstas están fundidas para formar un canal regulador de flujo entre las paredes laterales y las dos tiras de película; forma entradas de la cinta hacia el canal regulador a intervalos espaciados a lo largo; forma salidas de la cinta desde el canal regulador a intervalos espaciados a lo largo; dobla la primera tira de película longitudinalmente para superponer los márgenes y sellarlos.

Una de las últimas invenciones la desarrollaron Meyer et al. (1997), donde describen una cinta de goteo para riego superficial o subterráneo que incluye una película de material formando un tubo superponiendo los bordes laterales opuestos de la hoja y uniéndolos a lo largo de un sello longitudinal y con lo cual forman un canal primario de flujo. Una tira de material transparente se une a una superficie interior de la hoja antes de sellarla, en una ubicación remota del sello longitudinal, para definir en combinación con la pared de la cinta, canales secundarios de flujo múltiples dentro del canal primario de flujo. Cada canal

secundario de flujo incluye una región de entrada, una región de flujo turbulento y una región de salida; la región de entrada incluye entradas múltiples en la segunda tira que conecta el canal primario con el secundario aguas arriba de la región que induce turbulencia; la región de salida incluye una salida en el tubo que conecta el canal de flujo secundario al exterior aguas abajo de la región que induce turbulencia [Fig.51.].



Fig. 51. Laberinto de flujo turbulento de una cinta de riego por goteo de cuarta generación. Meyer et al., 1995.

Recientemente, Harrold y Bren, (2005) patentaron la maquinaria y el proceso para formar una cinta de riego por goteo [Fig.52.] que incluye, ampliamente, los pasos de suplir una tira longitudinalmente continua de material plástico flexible en una primera dirección; calentar una banda estrecha de la tira a través de un eje longitudinal de la misma; depositar una línea continua de pegamento en una superficie de la tira, a lo largo de la banda estrecha, mientras que la tira se mueve en la primer dirección; enfriar la tira y el pegamento; doblar la tira para que los bordes longitudinales se superpongan; y sellar dichos bordes para formar una cinta de riego por goteo tubular con un sellado longitudinal y superpuesto, con el pegamento extendiéndose paralelo al sello y en relación opuesta y de frente a este. El aparato para llevar a cabo el proceso incluye una primera estación de suministro adaptada para suplir una longitud continua de material flexible; una segunda estación que incluye un rollo desbastador y un par de hojas de cuchillo asociadas y acomodadas para recortar los bordes longitudinales opuestos del material para formar una tira de anchura predeterminada; una tercera estación que incluye una rueda cortadora acomodada para cortar aperturas longitudinales espaciadas axialmente en la tira; una cuarta estación para aplicar una línea preformada de pegamento a una superficie de la tira, la línea tiene uno o más senderos de flujo secundarios formados en ella; y una quinta estación que incluye una pluralidad de rodillos arreglados para envolver la tira acerca de un mandril a una forma tubular; una boquilla acomodada para aplicar una línea adhesiva a lo

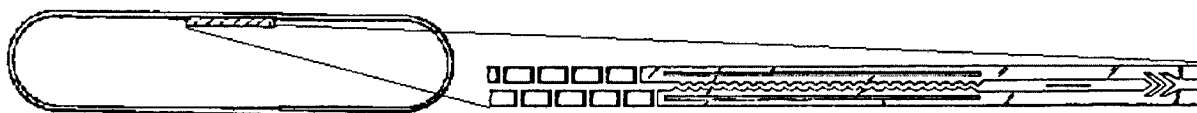


Fig. 52. Cinta de riego de cuarta generación formada con una tira de canal reductor de presión en su interior. Harrold y Bren, 2005.

largo de uno de los bordes longitudinales de la tira; y por lo menos un rodillo de presión para ejercer presión a través del borde longitudinal para formar un sello pegado entre los bordes longitudinales de la tira.

Cintas de Riego de Quinta Generación

Generalidades

Dentro de la quinta generación podemos encontrar a los dispositivos o cintas conductoras y emisoras de agua, por medio de goteo, que se generan a partir de unir a una cinta de conducción del flujo primario una serie de emisores individuales con un canal preformado de conducción de agua y reductor de presión para generar el goteo.

Diseños Aportados

Una de las primeras cintas de esta generación fue desarrollada por Brown et al. (1988) y que describen un emisor de tubería continua con unidades de control de flujo, sensibles a la presión, para controlar el gasto de agua de riego a través de las aperturas de salida en el tubo [Fig.53.]. El tubo plástico flexible se forma de una membrana de película, delgada y alargada teniendo una o más válvulas relativamente más gruesos a un lado del mismo definiendo así caras de válvula múltiples, en donde cada cara de válvula incluye por lo menos un canal emisor de goteo poco profundo que se dirige a un depósito de válvula de sección transversal más ancha y comunicándose respectivamente con las aperturas de salida cortadas a través de la membrana. Un margen longitudinal de la membrana se recorta para formar solapas que se proyectan lateralmente en posiciones longitudinales correspondiendo generalmente con la cara de las válvulas. La membrana se enrolla entonces sobre si misma cerca de un eje longitudinal y se sella para formar el emisor de tubería continua con las solapas recubriendo internamente

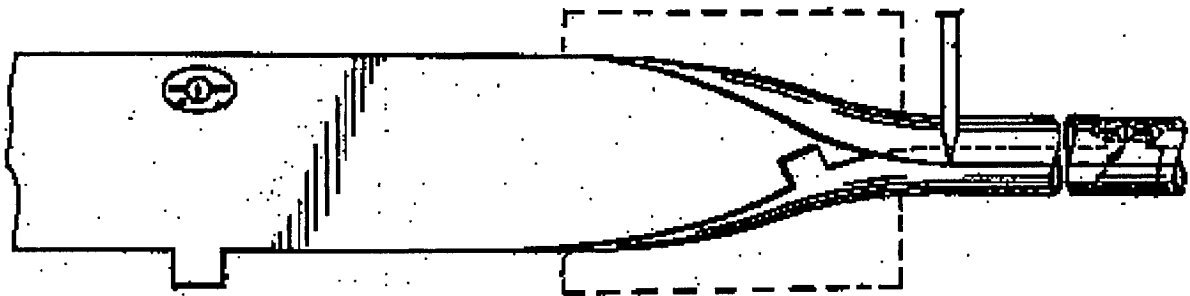


Fig. 53. Cinta de riego con unidades de control de flujo. Brown et al., 1988.

el depósito de válvula y una porción de la ranura de la emisión de gota de una cara respectiva de válvula para definir una de las unidades de control de flujo. En una forma diferente, las solapas incluyen la estructura para mantener las solapas en relación de cobertura cercana con las caras de la válvula. En el uso, la presión del agua dentro del tubo fuerza las solapas a unirse con las caras alineadas de válvula para restringir y controlar el gasto de agua a través de las aperturas de salida. En su patente se protege un emisor de tubería continua, comprendiendo una membrana alargada de material de lámina flexible sellada longitudinalmente para formar una tubería que tiene aperturas de salida múltiples formadas en ella; válvulas múltiples montadas en la superficie interna de la tubería en posiciones respectivas recubriendo generalmente las aperturas de salida y sin extenderse hacia adentro o a través de las aperturas de salida, definiendo una cara de válvula ahuecada formada en el lado opuesto a la membrana e incluyendo por lo menos un canal de emisión por goteo relativamente estrecho y superficial abriéndose dentro de un depósito de válvula de sección transversal más grande, el depósito de válvula comunicándose con la apertura de salida adyacente en la membrana; y solapas flexibles múltiples dentro de la tubería y proyectándose en una relación respectiva y recubriendo flojamente con las válvulas, cada una de las solapas tiene una forma para recubrir el depósito de válvula y una porción del canal de emisión de goteo del miembro de válvula adyacente dejando otra porción del canal expuesto al interior de la tubería.

Más adelante Cohen (1992), desarrolló y patentó una cinta de riego por goteo, comprendida por una tubería continua que tiene una multitud de aperturas a través de ella a lo largo de intervalos espaciados de la misma, y una pluralidad de elementos reductores de flujo en una cara de la tubería comunicados con dichas aperturas [Fig.54.]; en estos elementos reductores de flujo hay elementos discretos pegados a intervalos espaciados a un elemento continuo, alargado y flexible de mayor resistencia mecánica que la de los elementos reductores de flujo para formar una tira compuesta continua, la cual es vinculada a la cara interior de la tubería..

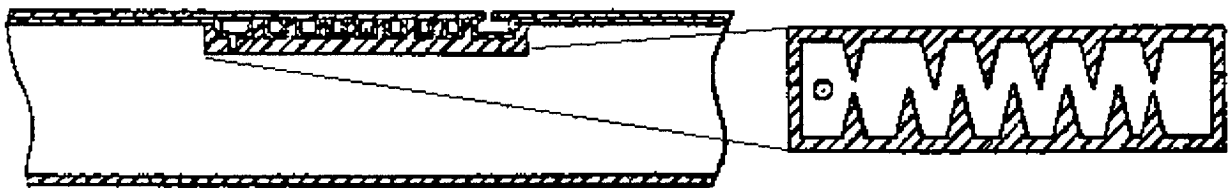


Fig. 54. Cinta de riego por goteo de quinta generación con elementos reductores de flujo espaciados a lo largo de su interior. Cohen, 1992.

Tiempo después, Cohen (1993), mejoró y patentó su cinta de riego por goteo, que comprende: una tubería con una multitud de elementos reductores de flujo espaciados a lo largo de esta, que comprenden una tira formada con una cámara de entrada en un extremo con una profundidad predeterminada que tiene una apertura de entrada, una cámara de salida en el extremo contrario con igual profundidad predeterminada que tiene una apertura de salida, y un sendero reductor de flujo entre las cámaras [Fig.55.]; la tira es formada con un corredor que conecta, de una profundidad menor que dicha profundidad predeterminada, entre dicho sendero reductor de flujo y dicha cámara de salida, y axialmente espaciado de ellos; el corredor incluye una ranura ancha de una profundidad, desde la cara interior del tubo, menor que aquella profundidad predeterminada, y una ranura estrecha de una profundidad, desde la cara interior del tubo, mayor que la de la ranura ancha, pero menor que la profundidad predeterminada, extendiéndose a través de una parte de dicha ranura ancha; por lo menos la porción de tira que forma dicho corredor que conecta, es de material elastomérico.

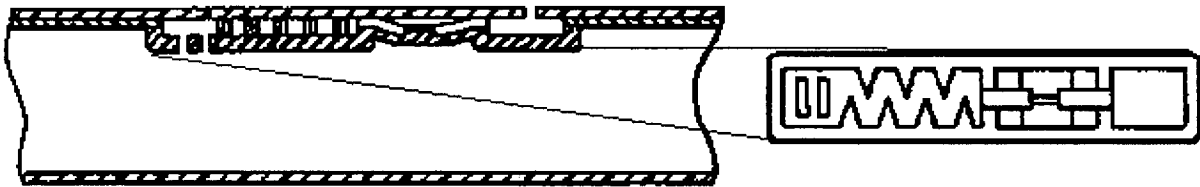


Fig. 55. Cinta de riego por goteo de quinta generación con elementos reductores de flujo sensibles a la presión del agua en el interior de la cinta. Cohen, 1993.

Rubenstein y Malkin (1996) inventaron un método y la maquinaria para hacer líneas de riego por goteo, formando dos (o más) tubos en relación de lado a lado y uniéndolos juntos en una coyuntura que incluye miembros preformados múltiples unidos dentro de la coyuntura en ubicaciones espaciadas a lo largo de las reducciones longitudinales de los miembros preformados y de la coyuntura [Fig.56.]. Cada uno incluye un par de formaciones de canal reductoras de flujo, una en cada lado del eje longitudinal del miembro preformado. La coyuntura es abierta a lo largo de las reducciones longitudinales de los miembros preformados para así formar dos (o más) líneas de riego por goteo cada una íntegramente formada con una sección de miembros preformados múltiples, cada sección tiene una de las formaciones de canal que sirven como un elemento reductor de flujo en la línea respectiva. En su patente se protege el método para hacer líneas de riego por goteo, que comprende: preparar miembros

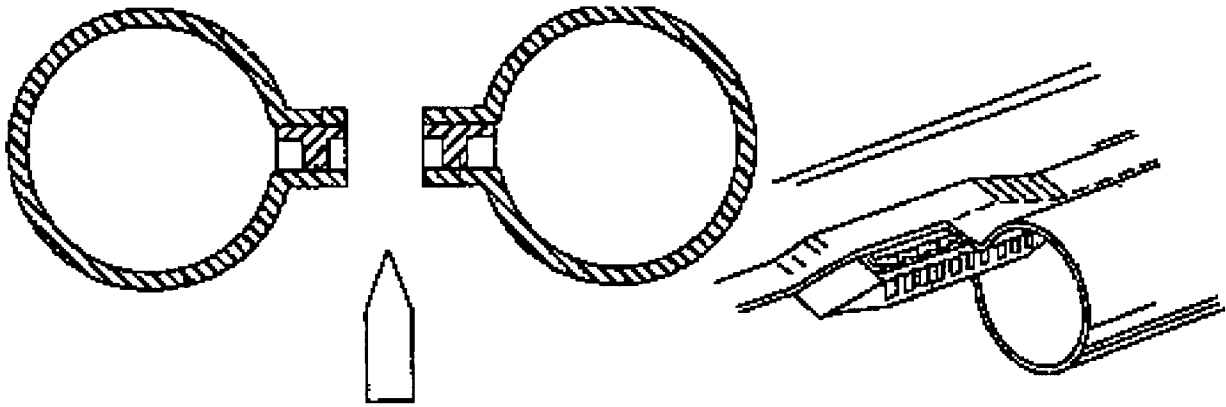


Fig. 56. Líneas de riego por goteo con miembros preformados con canales reductores de flujo. Rubenstein y Malkin, 1996.

preformados múltiples de espesor predeterminado cada uno teniendo un eje longitudinal y con un par de formaciones acanaladas de profundidad más pequeña que el espesor de los miembros preformados, uno en cada lado del eje longitudinal; formar dos o más tubos unidos lado a lado incluyendo los miembros preformados múltiples pegados dentro de ubicaciones espaciadas a lo largo de los ejes longitudinales de los miembros preformados y de la unión; y cortar la unión y los miembros preformados por sus ejes longitudinales, y así formar dos o más líneas de riego por goteo cada una íntegramente formada con una sección de los miembros preformados múltiples, cada sección tiene una de las formaciones acanaladas que sirven como un elemento reductor de flujo en la línea respectiva.

Una de las últimas cintas de riego por goteo diseñadas dentro de las características de esta quinta generación fue elaborada por Miller et al. (1997) quienes desarrollaron un proceso para hacer cintas de riego por goteo de bajo costo que comprende el moldeado de un gotero emisor que tiene un canal laberíntico alargado formado en la profundidad de su cuerpo [Fig.57.]. Emisores con otras configuraciones se pueden utilizar también en el proceso. Una película plástica es extruida y es pasada por una matriz de película con un tubo de inyección de aire al final que forma una burbuja de película plástica. Al fondo de la burbuja de la película plástica extruida, un par de rodillos de presión unen las caras opuestas de la burbuja para formar una hoja de película plástica, unitaria y continua. Los emisores se mueven en serie hacia el estrechamiento de los rodillos de presión y son insertados en secuencia con sus caras laberínticas hacia la burbuja caliente. Los emisores se unen a la película extruida usando el calor de la extrusión, y la lámina externa forma una cara del canal laberíntico a través de cada

emisor. Después de laminar el emisor a la película extruida, un hoyo de salida se forma a través de la película a cada emisor y la película se enrolla y se sella con pegamento para formar un tubo de riego por goteo flexible continuo con los emisores espaciados a lo largo del interior del tubo. El proceso se puede utilizar para hacer líneas de riego por goteo múltiples en paralelo a lo largo de una sola lámina de película plástica extruída.

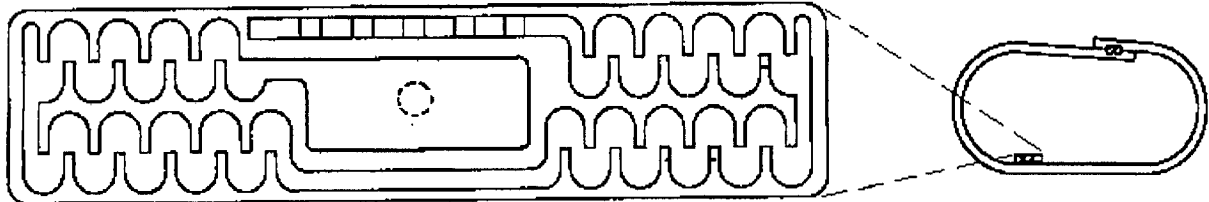


Fig. 57. Emisor con un canal laberíntico que es insertado en una cinta de riego por goteo de quinta generación. Miller, et al., 1997.

En su patente se protege el método y el proceso para hacer cintas de riego por goteo que comprende un emisor de goteo moldeado teniendo un cuerpo de emisor con un canal reductor de presión alargado extendiéndose por el cuerpo de emisor, extruir una película plástica por un dado de extrusor con un tubo inyector de aire al final de una burbuja formada de película plástica, un par de rodillos que presionan al final de la burbuja y alimentan las paredes laterales opuestas de la burbuja hacia el estrechamiento de los rollos para ejercer presión a porciones de pared opuestas de la burbuja para formar una lámina unitaria de película extruida, orientada biaxialmente, colocando una serie de los emisores de goteo moldeados en un transportador de alta velocidad externos a la lámina de película extruida y alimentando los emisores al estrechamiento de los rodillos para pegarlos a la pared exterior de la lámina de película, utilizando el calor del paso de extrusión de la película para obtener un tubo sellado con las unidades de emisión espaciadas aparte.

Marans (1998) desarrolló un emisor de riego por goteo mejorado que puede ser proporcionado para el suministro de volúmenes bajos de agua a un gasto de goteo [Fig.58.]. El emisor comprende una envoltura adaptada para conectarse a una manguera de abastecimiento de agua, e incluye una admisión de agua y una salida de agua con un canal de flujo reductor de presión alargado que se extiende entre ellas. El canal de flujo se alinea en lados opuestos por costillas desviadoras de flujo múltiples que se proyectan lateral y parcialmente en el canal de flujo en un patrón escalonado o alternado, en combinación con cejas desviadoras de flujo

múltiples que se proyectan hacia arriba y parcialmente en el canal de flujo desde un piso del mismo. Las costillas y las cejas, definen un laberinto de flujo tortuoso de tres dimensiones para un cambio repetido de dirección en el flujo de atrás hacia adelante y de arriba hacia abajo mientras el agua viaja a través de él, resultando en una caída de presión mejorada entre la entrada y salida del agua.

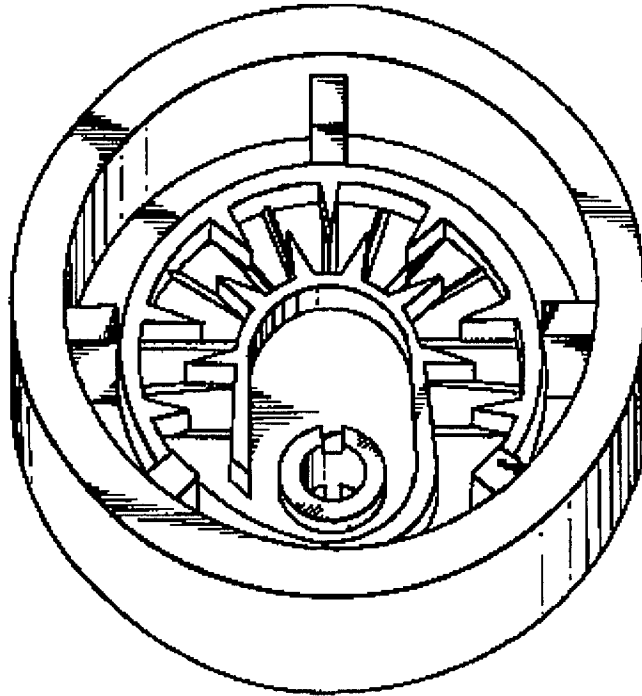


Fig. 58. Emisor de riego por goteo. Marans, 1998.

En su patente se protege el emisor de riego por goteo, que comprende una cámara que tiene una entrada de agua adaptada para conectarse a un conducto de abastecimiento de agua, una salida de agua, y medios de canal que forman un canal de flujo, reductor de presión, alargado, definido por paredes superiores e inferiores, espaciadas verticalmente, interconectadas por lados espaciados lateralmente que se extienden entre la entrada y la salida de agua; los medios de canal incluyen múltiples costillas que desvían el flujo proyectándose parcialmente dentro del canal de flujo desde lados opuestos del mismo y arregladas en una secuencia alternada a lo largo de la longitud del canal para causar el flujo del agua a través del canal para experimentar turbulencia ó cambios direccionales repetidos, de un lado hacia otro; los medios de canal incluyen múltiples cejas que desvían el flujo dispuestas a lo largo del canal y proyectándose parcialmente dentro del canal de flujo desde por lo menos una de las paredes para causar turbulencia a través del canal.

Cohen (2005), patentó recientemente una cinta de riego por goteo, el método y el aparato para hacer la misma. La cinta de riego por goteo, comprende: una tubería para conducir agua presurizada por su interior y formada con una pluralidad de salidas para descargar el agua en ubicaciones espaciadas a lo largo de la tubería; y una multitud de emisores asegurados dentro de dicha tubería en ubicaciones longitudinalmente espaciadas para definir laberintos en comunicación con el interior de la tubería para descargar agua desde una salida de la tubería a un gasto bajo; los laberintos se definen por una tira continua de un primer material relativamente elástico unido a una tira continua de un segundo material relativamente inelástico de manera que el primer material es deformable por presión para cambiar el laberinto de cada elemento emisor en respuesta a la presión del agua dentro de la tubería [Fig.59.].

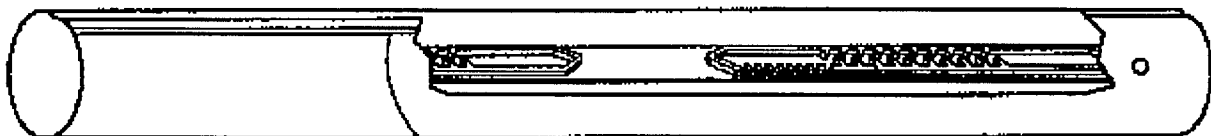


Fig. 59. Cinta de riego por goteo con elementos emisores espaciados con control de presión. Cohen, 2005.

MEJORAS PARA EL MANEJO MÁS EFICIENTE DE LAS CINTAS DE RIEGO POR GOTEO

Método para unir Cintas de Riego por Goteo Utilizando Medios de Unión Internos a las Mangueras

Daigle y Avenell (1997) patentaron un método para unir un par de cintas de riego por goteo utilizando un medio para pegar el interior del par de mangueras, comprendiendo los pasos de: unir el par de mangueras en alineación axial para formar una junta con el medio de unión interpuesto internamente a cada manguera [Fig.60.]; pegar la unión a una primer porción circunferencial de una superficie interior de cada manguera para adaptar el par de mangueras y el punto de unión en una estructura unitaria; y formar un sello, utilizando medios para sellar circunferencialmente en la unión para crear un sello hermético [Fig.61.] en donde el

medio de unión previene que una segunda porción circunferencial de las superficies interiores de las mangueras opuestas al medio de unión se peguen a dicho medio de unión durante la creación del sello.

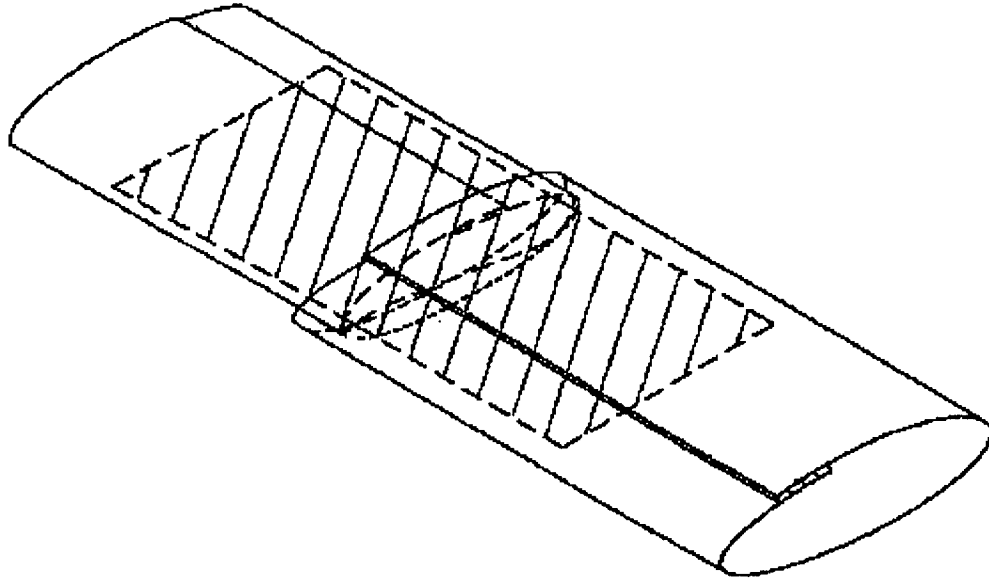


Fig. 60. Par de cintas conectadas con el medio de unión interpuesto internamente a cada una. Daigle y Avenell, 1997.

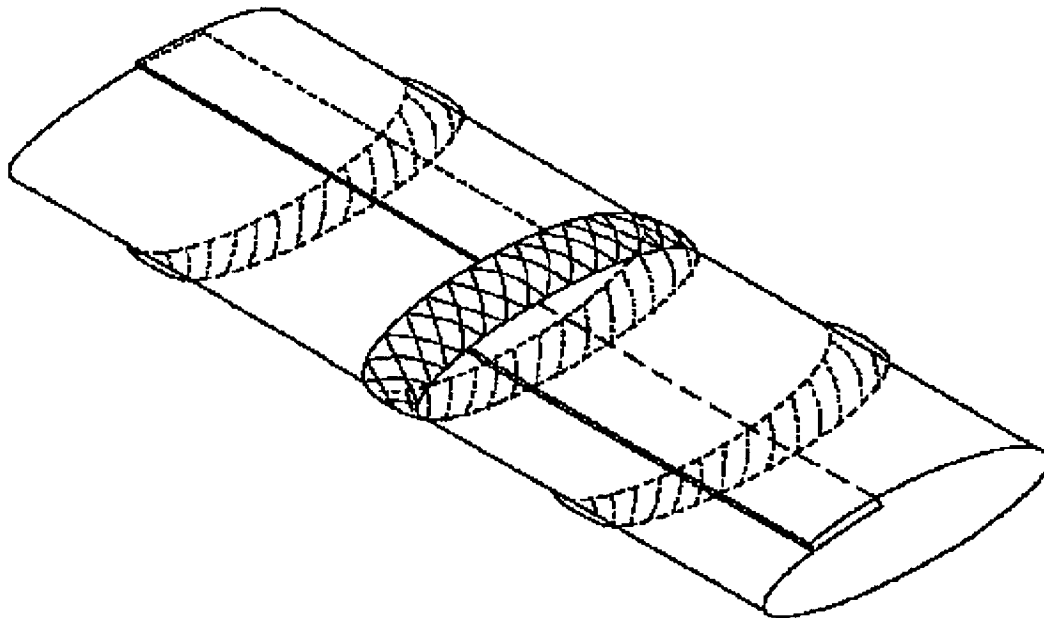


Fig. 61. Par de cintas en empalme y con tres sellos herméticos. Daigle y Avenell, 1997.

Cintas de Riego por Goteo con Simbología para Identificación

Roberts (2002) desarrolló y patentó una cinta de riego por goteo, describiéndola con una identificación que se forma en la superficie exterior de la cinta de riego por goteo al deformar la tira de material flexible cuando está en un estado semifundido y enfriando la tira mientras se deforma. La identificación puede incluir caracteres alfanuméricos, logos o símbolos que transmitan información [Fig.62.]. Características de creación de la identificación en la superficie de un tambor formador, moldean la tira de material semifundido mientras que el material semifundido se vulcaniza para formar una tira flexible. Ésta se dobla y es sellada para formar la cinta de riego por goteo. En su patente se protege la cinta que comprende: un conducto principal de material flexible formado en un tubo; un conducto secundario que tiene por lo menos una entrada que comunica con el conducto principal y por lo menos una salida en una distancia fija de la entrada; el conducto principal tiene una superficie exterior que tiene una multitud de deformaciones arregladas para formar identificaciones espaciadas y separadas, cada deformación comprende una hendidura de forma predeterminada creada deformando el material del conducto principal; y las deformaciones comprenden porciones levantadas de material flexible extendiéndose más allá de la superficie exterior del conducto principal.

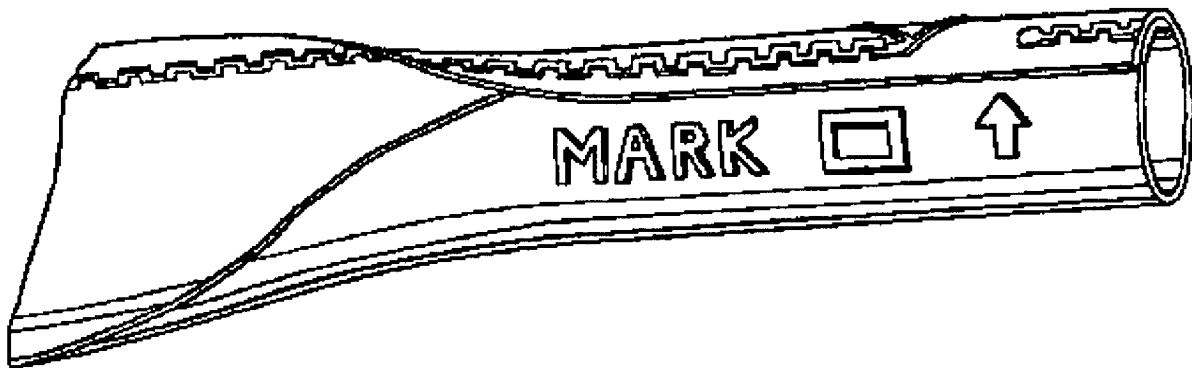


Fig. 62. Cinta de riego por goteo con diferentes tipos de simbología para identificar sus características. Roberts, 2002.

Método y Aparato para Unir Cintas de Riego por Goteo

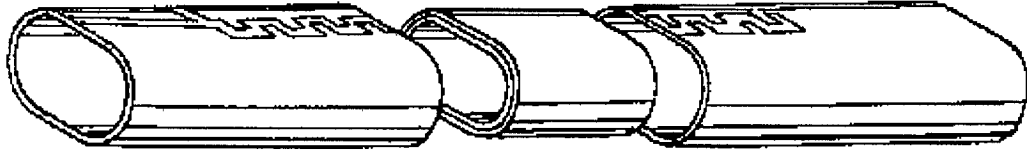


Fig. 63. Adición tubular antes de ser insertada en los extremos de dos cintas de riego por goteo para ser unidas. Roberts y Butler, 2003.

Roberts y Butler (2003) patentaron una maquinaria y un método para pegar las terminaciones de dos longitudes de cinta de riego por goteo, comprendiendo los pasos de: colocar una adición tubular que tiene una capa interior de material con punto de fusión alto y una capa exterior de pegamento en el extremo de una primera longitud de cinta, de modo que una porción de la adición se proyecte hacia el exterior desde el final de la cinta, las dos capas de la adición son de material flexible; colocar el fin de una segunda longitud de cinta sobre el fin que proyecta de la adición tubular para que se posicione en una relación adyacente pero no superpuesta con el fin de la primera longitud de cinta [Fig.63.]; y sellar ambas longitudes de cinta a la capa de pegamento exterior de la adición [Fig.64.].

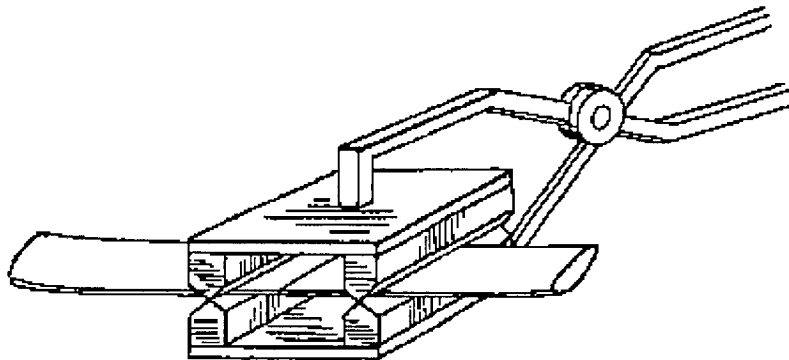


Fig. 64. Herramienta para el sellado por calor de un par de cintas de riego por goteo unidas. Roberts y Butler, 2003.

MEJORAS PARA EVITAR EL MALFUNCIONAMIENTO DE LAS CINTAS DE RIEGO POR GOTEO

Taponamiento de Emisores por Intrusión Radicular

Las cintas de riego por goteo son comúnmente usadas en estos días. Usualmente son tubos plásticos, flexibles y ligeros con emisores que cuentan con una entrada filtrante, un canal reductor de presión llamado laberinto y una salida. Estos emisores permiten que el agua sea liberada lentamente hacia el suelo con la finalidad de irrigar el cultivo. Frecuentemente, los fertilizantes y otros químicos se añaden al agua para el beneficio de las plantas. Estas cintas son frecuentemente instaladas ligeramente por debajo del suelo para protegerlas del viento, de roedores, del sol y de la maquinaria, y para ayudar a que el agua fluya hacia dentro del suelo.

Uno de los problemas de la instalación del riego por goteo es que, si el productor no riega lo suficiente para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo, las raíces crecerán para buscar más agua. Como la cinta usualmente tiene residuos de agua en su interior, es posible que las raíces entren por el emisor en busca del agua y eventualmente lo tapen. Cuando este problema se presenta, la uniformidad de distribución del agua se vuelve errática y corta, resultando en una respuesta insatisfactoria del cultivo.

Los químicos inhibidores de raíces pueden ser transportados a través de la cinta de modo que destruyan las raíces no deseadas de las plantas, pero cuando el cultivo ha sido plantado, los químicos atacarán también al cultivo.

Debido a esta disyuntiva, Allport (1991) desarrolló un método para proteger cintas de riego por goteo y otras estructuras de la intrusión de raíces, describiendo en su patente un método para evitar el crecimiento de raíces en las salidas de una cinta de riego por goteo. En su patente se protege el método para evitar el crecimiento de raíces en las salidas de una cinta de riego por goteo teniendo distribuidas salidas en proximidad al suelo donde se planta, el método comprende los pasos de: suministrar agua bajo presión a la cinta para regar por goteo

la tierra; introducir en la cinta aguas arriba de las salidas una sustancia retenedora de tierra, transportadora de agua para formar, en la vecindad de las salidas, regiones localizadas que contengan la sustancia, la sustancia retenedora de tierra es también capaz de absorber una sustancia transportadora de agua e inhibidora de raíces; e introducir en la cinta aguas arriba de las salidas la sustancia inhibidora de raíces seleccionada para distribuir tal sustancia inhibidora de raíces a las regiones localizadas para ser absorbida por la sustancia retenedora de tierra.

Obstrucción de Pasajes de Flujo por Crecimientos Biológicos

Otro de los problemas encontrados en las cintas de riego por goteo es el taponamiento de los canales de flujo relativamente pequeños resultado del crecimiento de productos biológicos como algas y lodos bacterianos.

Es conocido que el sulfato de cobre en solución es un biocida, que combate lodos bacterianos y algas. También, otros materiales como el cloro, el ácido sulfúrico y el ácido hidrociorhídrico han sido introducidos a los sistemas de distribución de agua para el control del crecimiento biológico. Estas prácticas presentan problemas, incluyendo la necesidad de introducir continuamente el biocida en cantidades pequeñas y el efecto adverso de los materiales introducidos en el producto plástico.

Con la finalidad de proveer una nueva y mejorada película plástica con un biocida incorporado, los hermanos Delmer (1993) desarrollaron dispositivos de riego por goteo y películas plásticas con polvo de cobre incorporado o adherido a la superficie de los mismos a través de su longitud para el control del crecimiento de algas, bacterias y productos biológicos similares, así como el método y la maquinaria para producir tal producto [Fig.65.].

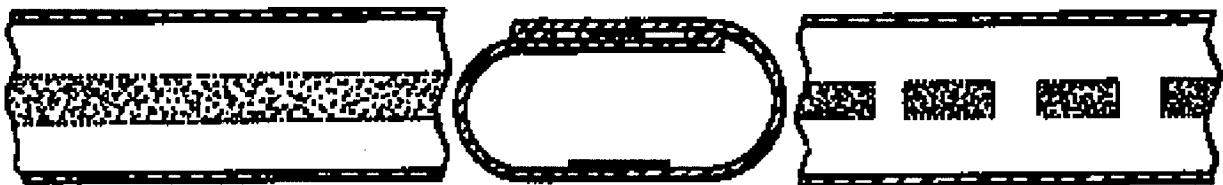


Fig. 65. Cinta de riego con polvo de cobre incorporado a su superficie interior. Delmer et al., 1993.

En su patente ellos protegen una cinta de riego por goteo multi-cámara para distribuir agua que tiene un tubo primario más grande y un tubo secundario más pequeño de un material flexible impermeable al agua y unido en una pared en común que tiene canales frente al interior del tubo primario en comunicación con el interior del tubo secundario y tiene canales que se dirigen del interior del tubo secundario al exterior, con polvo de cobre adherido a una superficie interior a través de la longitud del tubo, con el polvo estando en una capa continua o en una capa no-continua. En una incorporación el polvo de cobre se aplica desde un depósito a una película plástica cepillando directamente a la película o por transferencia desde una rueda que gira y que lleva el polvo de cobre. En otra incorporación, el polvo se aplica durante la formación de la película plástica, ya sea por extrusión, soplado o moldeado.

Protección Contra Condiciones Ambientales Duras

La cinta de riego en el uso agrícola es sujeta a condiciones ambientales extremas. El sol, los insectos, y las raíces de plantas atacan a la cinta de riego in situ. Se utiliza el mezclar sustancias químicas protectoras con el material plástico del cual se hace la cinta de riego. Por ejemplo, inhibidores ultravioleta, insecticidas, y herbicidas, tal como Trifuralin, se puede mezclar con los materiales plásticos con los que se hace la cinta de riego. Alternativamente, las sustancias químicas pueden ser mezcladas en cantidades diluidas con el agua de riego distribuida por la cinta. De Frank (1994) sugiere la encapsulación de Trifuralin líquido en una tubería o cilindro plástico hueco que tiene sus extremos cerrados para prevenir el crecimiento de raíces bajo diversas circunstancias. Por lo cual desarrolló una cinta de riego auto protegida y el método para protegerla [Fig.66.].



Fig. 66. Cinta de riego por goteo con una cámara para almacenar un químico protector del material plástico. DeFrank, 1994.

DeFrank, patentó una cinta y el método para protegerla del ataque de los elementos. Para crear la cinta, una lámina plana alargada de película plástica flexible impermeable al agua se dobla por su longitud para formar un sello longitudinal superpuesto entre bordes longitudinales de la lámina opuestos. El sello longitudinal se pega con una primer y una segunda cuentas adhesivas en forma de costilla que se extienden ininterrumpidamente a lo largo de los bordes opuestos de la lámina en relación espaciada aparte para formar un canal de almacenamiento químico continuo definido por las cuentas y los bordes opuestos y para formar un canal de abastecimiento de agua definido por el resto de la lámina. El canal de almacenamiento químico esta aislado del fluido del canal de abastecimiento de agua. La lámina se coloca en o bajo el suelo. Los extremos del canal de almacenamiento químico se sellan para que los únicos medios de salida de allí sean por los intersticios entre el material de la lámina y las cuentas. La sustancia química protectora de la cinta se inyecta en el canal de almacenamiento químico [Fig.67.]. La cinta de riego se activa al presurizar el canal de abastecimiento de agua. La sustancia química protectora dilusiona lentamente a través de los intersticios del material laminar para proteger la superficie exterior de la cinta de insectos, intrusión de raíces, y/o otras condiciones ambientales dañinas.

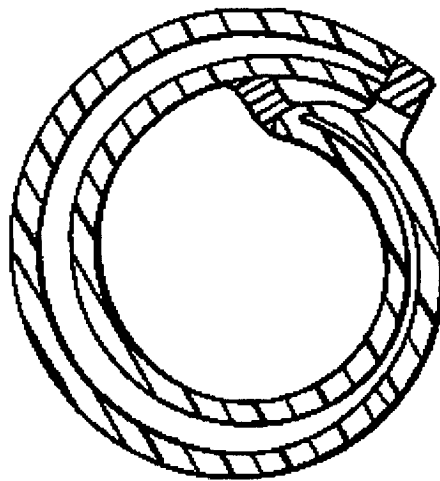


Fig. 67. Diferente arreglo de una cinta de riego con un canal de almacenamiento químico para protegerla de las condiciones ambientales. DeFrank, 1994.

ESTADO DEL ARTE

Son numerosos los campos que aun se deben investigar, ajustar o desarrollar, recordando que este novedoso sistema de riego tiene solo 35 años de existencia y poco más de 15 años de uso en México.

La última palabra es el goteo integral autocompensado y antidrenante, que ha salido al mercado desde 1999. Por su propiedad antidrenante permite el riego por pulsos, consiguiendo con eso ser útil en suelos muy arenosos, en sustratos o también en suelos muy arcillosos.

Durante todos los años se ha llevado a cabo la transferencia de conocimientos que lleva el riego por goteo. A diario surgen nuevas aplicaciones de equipo ya conocido, resultando México un país muy innovador en este sentido. El gotero, aparentemente un simple dispositivo plástico, lleva hoy ya varias generaciones de desarrollo. La posibilidad de trabajar por muchos años con un sistema de riego depende no solo del espesor de la pared de la cinta, sino también del diseño hidráulico del gotero. Factores como profundidad del paso del agua en el laberinto, el largo del mismo, la sensibilidad al calentamiento provocado por el sol son algunos de los factores que marcan las diferencias entre los distintos goteros que existen en el mercado.

El futuro presenta el desafío del uso de aguas de mala calidad para la agricultura, con el fin de conservar el agua de mejor calidad para consumo urbano.

Israel se encuentra dedicado a este tema, desde hace 10 años, tanto desde el punto de vista hidráulico como del agronómico. También el uso de agua con contenido de sales es un desafío técnico que ya ha encontrado soluciones y que seguramente marcará el camino de los próximos años.

Una de las cintas de mayor difusión en el mercado la produce la empresa NETAFIM de Israel, la cual introdujo el sistema de tubo con goteros en 1965. Para 1995, sus ventas fueron de cerca de 5 billones de goteros con ventas superiores a los \$100 millones de dólares y sus productos se distribuyen en más de 80 países.

La empresa T-Systems produce la cinta T-Tape y cuenta con once Patentes en EUA. Otra cinta es la desarrollada por Chapin: Marathon, Twin Wall Tape, la cual ha desarrollado 5 patentes. Rain Bird desarrolló la cinta Rain Tape y es dueña de 4 patentes en EUA, mientras que Queen Gil de Israel produce la cinta de menor costo en el mercado, esta cinta está protegida por 5 patentes, y en 1996 reportó ventas de más de 300 millones de metros a treinta países. También se encontraron reportadas 8 patentes de James C. Roberts, que comercializa la cinta bajo su apellido. Otras empresas que compiten en el mercado internacional son TORO que produce la cinta Aqua-Traxx y que es dueña de varias patentes internacionales.

ÁREAS DE OPORTUNIDAD

Como se pudo observar en el presente estudio, debido al incremento constante en la población que demanda alimentos, existe una búsqueda de máximos rendimientos en las explotaciones agrícolas. Ahora bien, en cuanto a la disponibilidad del agua de riego, el escenario que tenemos presente es que cada día esta disminuye, siendo el principal consumidor de agua la producción de alimentos para la humanidad.

Debido a lo anteriormente mencionado, la tecnología de riego ha evolucionado para crear sistemas de riego que permitan volver eficiente el uso del agua, es decir, que se pueda aumentar su productividad con aplicaciones de bajo volumen. Este fin es logrado por medio del riego por goteo, el cual es un método que solo en principio triplica la productividad del agua y aumenta su ahorro hasta en un 60 por ciento, lo que representa una eficiencia de riego mayor al 90%.

En la actualidad se busca implementar y mejorar esta técnica a nivel mundial, tratando que toda producción cuente con riego tecnificado, y debido a esto el actual mercado de las cintas de riego por goteo es muy vasto, en el cual las demandas por parte del usuario marcan los diseños y los volúmenes de fabricación de redes de riego y emisores empleados.

Debido a las ventajas económicas que el riego por goteo presenta sobre otro tipo de sistemas lo han convertido en un producto muy atractivo en los mercados agrícolas tanto en México como en otros países, donde la disposición de agua de riego superficial es escasa. Esto nos muestra la gran demanda que existe para el diseño y la creación de nuevas cintas de riego con tecnología de punta.

Los mercados más desarrollados en cintas de riego por goteo se localizan en Israel y Estados Unidos, donde los agricultores ya tienen años asimilando las prácticas necesarias para su uso, y el desarrollo de la fertirrigación le ha dado un mayor impulso. La gran cantidad de

patentes mundiales en sistemas de goteo (más de 200 sólo en Estados Unidos), demuestra el dinamismo tecnológico en el diseño y manufactura de cintas y goteros.

La manufactura de este tipo de productos en México ha sido limitada en principio por la idea de que los líderes tecnológicos tienen cubierto un amplio espectro de diseños y procesos y existía el temor de infringir patentes, y por otro lado, porque el mercado no se había desarrollado lo suficiente hasta hace un par de años para volverse atractivo, y se satisfacía con productos importados.

Como hemos observado en el presente estudio, el mercado existente de cintas de riego abarca un gran número de países que las utilizan y en cuanto a la creación, desarrollo, innovación y manufactura, estas se encuentran centralizadas en Estados Unidos e Israel.

Debido a lo anterior, podemos observar que existe una gran oportunidad para entrar al mercado de las cintas de riego por goteo, siendo necesario poder desarrollar tecnología que no haya sido creada anteriormente y que pueda competir en el mercado internacional, y de esa forma llegar a crear empresas mexicanas productoras de cinta de riego por goteo que pueda abastecer parte de la demanda mundial de tecnificación del riego.

CONCLUSIONES

- Las patentes de cintas de riego por goteo existentes protegen en su mayoría al método o la maquinaria utilizada para desarrollar las cintas, y en algunos casos se protegen características del diseño hidráulico, pero podría decirse que este es más bien del dominio público, pudiendo existir diseños algo similares, pero con ligeras variaciones.

- Pudo observarse que son pocas las patentes de cintas de riego diseñadas por mexicanos y las existentes son muy antiguas, por lo que se puede decir que no existen diseños actuales patentados por mexicanos.

- Actualmente no existe ninguna cinta de riego o emisor diseñado o producido por alguna empresa mexicana, siendo la mayoría de las cintas producidas en EUA y en Israel.

RECOMENDACIONES

- Es necesario impulsar el desarrollo del diseño y la producción de cintas de riego por goteo en México.

- Se necesita capacitar a ingenieros mexicanos en hidráulica de tal modo que puedan incurrir en el diseño de emisores o cintas de riego con tecnología innovadora.

- Se debe buscar la creación de proyectos de investigación o de producción que impulsen en la industria del plástico mexicana a la creación de cintas y emisores de riego por goteo.

REFERENCIAS

- Aiziczon, A. 1999. Avances tecnológicos del riego por goteo. 1er Simposium Internacional de Irrigación y Nutrición Vegetal.
- Allport, D. 1973. Irrigation device. United States Patent No. 3,777,987
- Allport, D. 1981. Irrigation hose and method for its construction. United States Patent No. 4,247,051
- Allport, D. 1991. Drip irrigation hose. United States Patent No. 4,984,739
- Allport, D. 1991. Method for protecting drip irrigation hoses and other structures from root intrusion (T-Systems Corp.). United States Patent No. 5,003,726
- Boyle, D. G. and Osborn, R. O. 1969. Flow device and method of manufacture thereof. United States Patent No. 3,467,142
- Brown, R. D.; Pitchford, E. J.; Plotkin, M.; Christen, H. D. and Dumitrascu, O. 1988. Continuous tube emitter (Rain Bird Sprinkler Mfg. Corp.). United States Patent No. 4,726,520
- Chapin, R. D. 1968. Soil soaking system. United States Patent No. 3,361,359
- Chapin, R. D. 1984. Drip irrigation system employing flow regulation. United States Patent No. 4,473,191
- Chapin, R. D. 1985. Drip irrigation system employing adjacently arranged flow-restricting passages. United States Patent No. 4,534,515
- Chapin, R. D. 1986. Drip irrigation system employing adjacently arranged flow-restricting passages. United States Patent No. 4,572,756
- Chapin, R. D. 1987. Drip irrigation system employing flow regulation. United States Patent No. 4,642,152
- Cohen, A. 1992. Drip irrigation line and method of making same (Agroteam Consultants Ltd.). United States Patent No. 5,163,622
- Cohen, A. 1993. Drip irrigation lines (Agroteam Consultants Ltd.). United States Patent No. 5,203,503
- Cohen, A. 2005. Drip irrigation hose and method and apparatus for making same. United

States Patent No. 6,886,761

Daigle, H. and Avenell, S. 1997. Method for splicing drip irrigation hoses using splicing means internal to the hoses (T-Systems International). United States Patent No. 5,690,769

DeFrank, M. P. 1994. Self-protecting irrigation hose and method (T-Systems International, Inc.). United States Patent No. 5,282,578

DeFrank, M. 1994. Drip irrigation hose with pressure compensation and method for its manufacture (T-Systems International, Inc.). United States Patent No. 5,333,793

DeFrank, M. 1995. Process for forming drip irrigation hose with pressure compensation (T-Systems International, Inc.). United States Patent No. 5,458,712

DeFrank, M. and Tran, Q. 1999. Drip irrigation hose with self-cleaning inlet and method for its manufacture (T-Systems International, Inc.). United States Patent No. 5,957,39

DeFrank, M.; Hackman, W. and Shirvan, S. 1998. Drip irrigation hose and method of its manufacture (T-Systems International, Inc.). United States Patent No. 5,722,601

DeFrank, M.; Hackman, W. and Shirvan, S. 1999. Drip irrigation hose and method of its manufacture (T-Systems International, Inc.). United States Patent No. 5,855,324

DeFrank, M.; Marchetti, D. and Teegardin, D. L. 1996. Drip irrigation hose and method for its manufacture (T-Systems International, Inc.). United States Patent No. 5,522,551

DeFrank, M.; Marchetti, D. and Teegardin, D. L. 1997. Drip irrigation hose and method for its manufacture (T-Systems International, Inc.). United States Patent No. 5,634,595

DeFrank, M.; Marchetti, D. and Teegardin, D. L. 1999. Drip irrigation hose and method for its manufacture (T-Systems International, Inc.). United States Patent No. 5,865,377

DeFrank, M.; Marchetti, D. and Teegardin, D. L. 2005. Method of manufacture of a drip irrigation hose. United States Patent No. 6,936,126

Delmer, D. W. C. and Delmer, W. A. 1985. Multichamber drip irrigation hose. United States Patent No. 4,548,360

Delmer, D. W. C.; Delmer, R. J. and Delmer, W. A. 1993. Drip irrigation devices and plastic films with copper powder incorporated. United States Patent No. 5,192,027

Delmer, W.; Delmer, D.; Delmer, R.; Erickson, J. W. and Emmons, R. C. 1997. Constant-flow irrigation tape and method of making (Drip Tape Manufacturers & Engineers, Inc.). United States Patent No. 5,620,143

Delmer, W.; Delmer, D.; Delmer, R.; Erickson, J. W. and Emmons, R. C. 1998. Method of

- making constant flow irrigation tape (Drip Tape Manufacturers & Engineers, Inc.).
United States Patent No. 5,785,785
- Dumitrascu, O. P. and McMillen, C. A. 1992. Drip irrigation tube (Rain Bird Sprinkler Mfg. Corp.). United States Patent No. 5,111,995
- Gilead, G. and Gilad, A. 1983. Apparatus for drip irrigation. United States Patent No. 4,413,787
- Gilead, G. 1975. Irrigation device. United States Patent No. 3,887,138
- Gilead, G. 1977. Water conducting and emitting device. United States Patent No. 4,053,109
- Gilead, G. 1978. Irrigation apparatus. United States Patent No. 4,126,998
- Gilead, G. 1980. Three layer irrigation tube and apparatus and method for producing same. United States Patent No. 4,195,784
- Gilead, G. 1989. Drip irrigation apparatus. United States Patent No. 4,874,132
- Gilead, G. 1992. Irrigation device (U.S. Farm Products Limited). United States Patent No. 5,106,021
- Gorney, M. and Dinur, E. 1987. Drip irrigation apparatus (Naan Mechanical Works). United States Patent No. 4,687,143
- Harrold, C. R. and Bren, Jr., T. J. 2005. Apparatus for forming agricultural drip tape (Nelson Irrigation Corporation). United States Patent No. 6,920,907
- Langa, J. M.; Boswell, M. J. and Littleton, K. R. 1989. Irrigation hose with linear turbulent flow emitter (James Hardie Irrigation, Inc.). United States Patent No. 4,880,167
- Leal-Diaz, J. 1977. Hoses for irrigation by dripping and the like and the process to manufacture the same. United States Patent No. 4,047,995 Mexico
- Marans, E. 1998. Drip irrigation emitter (Rain Bird Sprinkler, Mfg. Corp.). United States Patent No. 5,820,029
- Menzel, S. W. O. 1981. Drip irrigation conduit (Reed Irrigation Systems). United States Patent No. 4,260,111
- Meyer, L. P.; Perkins, L. A. and Harrold, C. R. 1997. Agricultural drip tape (Micro Irrigation Technologies, Inc.). United States Patent No. 5,688,072
- Miller, D. B.; Langa, J. M. and Ruskin, R. 1997. Process for manufacturing drip irrigation systems using plastic lamination/extrusion techniques (Agrifim Irrigation Internaional N.V.). United States Patent No. 5,591,293

- Mock, D. E. 1975. Irrigation conduit. United States Patent No. 3,903,929
- Mullett, L. F. and Brock, A. J.. 1977. Flow-control device. United States Patent No. 4,037,791
- Robbins, J. W. D. 1984. Drip irrigation hose. United States Patent No. 4,430,020
- Roberts, J. C. 1989. Drip irrigation tape. United States Patent No. 4,807,668
- Roberts, J. C. 1993. Drip irrigation tape including a series of alternately offset elongated chambers. United States Patent No. 5,246,171
- Roberts, J. C. 1994. Drip irrigation tape and method of manufacture. United States Patent No. 5,318,657
- Roberts, J. C. 1994. Drip irrigation tape having a reduced thickness portion covering an indented flow groove. United States Patent No. 5,375,770
- Roberts, J. C. 1995. Drip irrigation tape and method of manufacture. United States Patent No. 5,387,307
- Roberts, J. C. 1997. Drip irrigation tape and method of manufacture. United States Patent No. 5,673,852
- Roberts, J. C. 1998. Drip irrigation tape and method of manufacture. United States Patent No. 5,732,887
- Roberts, J. C. 2002. Drip irrigation tape with indicia (Roberts Group Holdings, LLC). United States Patent No. 6,460,786
- Roberts, J. C. and Mominee, D. E. 1988. Apparatus for fabricating drip irrigation tape (Roberts). United States Patent No. 4,722,759
- Roberts, J. C. and Butler, J. 2003. Method and apparatus for splicing drip irrigation tape (Roberts Group Holdings, LLC). United States Patent No. 6,632,306
- Rubenstein, Z. and Malkin, V. 1996. Method and apparatus for making drip irrigation lines and preformed member for use therein (Hydromatic Ltd.). United States Patent No. 5,584,952
- Sahagun-Barragán, J. 1975. Anti-clogging drip irrigation valve. United States Patent No. 3,896,999
- Sahagun-Barragán, J. 1975. Drip irrigation tubing. United States Patent No. 3,870,236
- Tiedt, U. 1977. Irrigation means for the uniform distribution of liquid. United States Patent No. 4,009,832